SCULE AŞCHIETOARE
ÎNDRUMAR DE PROIECTARE

Prof.dr.ing. **Constantin Minciu**
Prof.dr.ing. **Eugen Străjescu**
Conf.dr.ing. **Ioan Tănase**
Prof.dr.ing. **Petre Gladcov**
Șef lucr.dr.ing. **Constantin Dogariu**
Ing. **Stelică Nicula**
Șef lucr.dr.ing. **George Constantin**

SCULE AȘCHIETOARE

ÎNDRUMAR DE PROIECTARE

Vol. 1

Coordonarea lucrării
Prof. dr. ing. **CONSTANTIN MINCIU**

EDITURA TEHNICĂ
București - 1995

Prefaţă

Dezvoltarea cantitativă și calitativă a industriei constructoare de mașini, ca element de bază al unei economii puternice, nu se poate realiza fără a dezvolta corespunzător construcția sculelor așchietoare și fără a crea și perfecționa specialiști capabili să-și însușească și să-și desăvârșească cunoștințele stiințifice și profesionale în pas cu cuceririle tehnicii și științei actuale.

Cererea crescândă de scule așchietoare a impus în țara noastră, și nu numai aici, ca, pe lângă secțiile de sculărie existente în fiecare unitate productivă, să se construiască mai multe întreprinderi specializate pe tipuri de scule așchietoare.

Se poate afirma că proiectarea, tehnologia de execuție și tehnologia de exploatare a sculelor așchietoare constituie probleme de vârf în toate industriile.

La toate aceste aspecte mai trebuie evidențiate și necesitatea privind reducerea importului, impunându-se folosirea integrală a potențialului economic și stiințific autohton, a inteligenței românești.

În acest context se înscrie și lucrarea de față, care contribuie la rezolvarea problemelor ridicate de proiectarea și construcția sculelor așchietoare.

Lucrarea, de nivel superior, se bazează pe studiile, cercetările și experiența acumulată de autori, de specialiștii români și străini din domeniul proiectării, construcției și exploatării sculelor așchietoare.

În primul volum al lucrării sunt prezentate și rezolvate problemele legate de proiectarea și construcția cuțitelor, sculelor pentru găurire, broșelor, frezelor și sculelor pentru filetare.

În volumul al doilea sunt abordate sculele pentru danturarea roților cilindrice și conice, sculele pentru prelucrarea prin rulare a profilelor neevolventice, sculele abrazive, sculele diamantate și sculele combinate.

Lucrarea, având un caracter de îndrumar de proiectare, prezintă sintetic, fără demonstrații, toate datele de proiectare și construcție a sculelor așchietoare. De aceea, lucrarea cuprinde numeroase tabele, diagrame și figuri necesare elaborării proiectului de execuție a sculelor

CUPRINS

PREFAȚĂ 5
1. TEORIA SCULELOR AŞCHIETOARE 9
1.1. GEOMETRIA SCULELOR AŞCHIETOARE 10
1.1.1. Elementele componente ale părții active 10
1.1.2. Orientarea fețelor şi muchiilor. Parametrii geometrici ai părții active 11
1.1.3. Relații de legătură între unghiurile de orientare ale fețelor şi muchiilor 19
1.1.4. Elemente privind alegerea geometriei sculelor aşchietoare 22
1.2. PROFILUL SCULELOR AŞCHIETOARE 23
1.2.1. Metoda analitică de determinare a profilului cuțitelor profilate 24
1.2.2. Particularități privind geometria şi construcția cuțitelor profilate 26
1.2.3. Metoda analitică generală de determinare a profilului sculelor aşchietoare cu mişcare proprie 33
1.2.4. Metoda analitică generală de determinare a profilului sculelor pentru generare prin rulare 38
2. MATERIALE PENTRU SCULE AŞCHIETOARE 42
2.1. CONDIȚII GENERALE IMPUSE 42
2.2. MATERIALE UTILIZATE ÎN CONSTRUCȚIA SCULELOR AŞCHIETOARE 44
2.2.1. Oțeluri de construcție 44
2.2.2. Oțeluri pentru scule 49
2.2.3. Semifabricate din oțel utilizabile la fabricarea sculelor aşchietoare 60
2.2.4. Recomandări privind alegerea oțelurilor pentru construcția sculelor aşchietoare 62
2.3. CARBURI METALICE SINTERIZATE 67
2.3.1. Clasificare şi proprietăți 67
2.3.2. Tipuri de plăcuțe din carburi metalice 72
2.4. MATERIALE MINERALOCERAMICE 78
2.5. DIAMANTUL 89
2.6. NITRURA CUBICĂ DE BOR 89
3. CUȚITE 92
3.1. CUȚITE DE STRUNG 92
3.1.1. Cuțite de strung simple 99
3.1.2. Cuțite de strung speciale 99
3.2. CUȚITE DE RABOTEZĂ ŞI DE MORTEZĂ 116
3.3. CUȚITE CU REGLAJ MICROMETRIC 120
3.4. CUȚITE PROFILATE 128
3.4.1. Clasificarea cuțitelor profilate 128
3.4.2. Profilul cuțitului profilat 130
3.4.3. Determinarea grafică a profilului cuțitului profilat 130
3.4.4. Determinarea analitică a profilului cuțitului profilat 132
3.4.5. Determinarea geometrică a profilului cuțitului profilat 140
3.4.6. Elemente constructive şi de proiectare 142
3.4.7. Breviar pentru proiectarea cuțitului profilat 149
3.5. CUȚITE PROFILATE DE RABOTEZĂ 150
3.6. SISTEME BLOC DE CUȚITE 151
4. SCULE PENTRU PRELUCRAREA ALEZAJELOR 154
4.1. BURGHIE 154
4.1.1. Elemente constructive, geometrice şi de proiectare ale burghielor 155
4.1.2. Burghie pentru prelucrarea aliajelor uşoare 163
4.1.3. Burghie pentru prelucrarea maselor plastice 163
4.1.4. Burghie pentru prelucrarea sticlei organice 168
4.1.5. Burghie pentru prelucrarea fontei, oțelurilordure şi materialelor ceramice 168
4.1.6. Burghie din oțel rapid pentru materiale greu prelucrabile 170
4.1.7. Burghie monobloc din carburi metalice pentru prelucrarea materialelor de înaltă rezistență 172
4.1.8. Burghie cu diamant 173
4.1.9. Burghie late 174
4.1.10. Burghie cu canale drepte 177
4.1.11. Burghie cu canale înclinate 177
4.1.12. Burghie pentru găuri adânci 177
4.2. LĂRGITOARE 205

4.2.1. Lărgitoare cu coadă 205
4.2.2. Lărgitoare cu alezaj 207
4.2.3. Lărgitoare cu dinţi demontabili 208
4.2.4. Lărgitoare pentru găuri adânci 209
4.3. ADÂNCITOARE 212
4.3.1. Adâncitoare cilindrice 212
4.3.2. Adâncitoare conice 213
4.3.3. Adâncitoarele pentru lamare 214
4.4. ALEZOARE 216
4.4.1. Elemente constructive 216
4.4.2. Alezoare de mână 220
4.4.3. Alezoare de mână reglabile 221
4.4.4. Alezoare de maşină 222
4.4.5. Alezoare conice 224
4.4.6. Alezoare pentru mecanică fină 225
5. BROŞE 229
5.1. CLASIFICAREA BROŞELOR 229
5.2. SCHEMELE DE AŞCHIERE LA BROŞARE 231
5.3. ELEMENTE DE PROIECTARE ŞI DE CONSTRUCŢIE A BROŞELOR 233
5.3.1. Coada broşei 234
5.3.2. Partea de aşchiere 246
5.3.3. Partea de calibrare 254
5.3.4. Partea de ghidare posterioară 256
5.3.5. Partea de prindere din spate 257
5.3.6. Lungimea broşei 257
5.3.7. Materiale folosite la executarea broşelor 258
5.3.8. Forţele de aşchiere la broşare 258
5.3.9. Condiţii tehnice 259
5.4. CONSTRUCŢII DE BROŞE 260
5.4.1. Broşarea suprafeţelor interioare cilindrice 260
5.4.2. Broşarea alezajelor poligonale 263
5.4.3. Broşarea alezajelor canelate 267
5.4.4. Broşarea găurilor adânci 280
5.4.5. Broşarea canalelor de pană 282
5.4.6. Broşarea suprafeţelor plane 283
5.4.7. Broşe pentru suprafeţe exterioare cu suprafeţe compuse 289
5.4.8. Broşe cu dinţi aplicaţi 290
5.4.9. Broşe circulare 293
5.5. DORNURI DE BROŞARE 295
5.6. BREVIAR PENTRU PROIECTAREA BROŞELOR 298
6. FREZE 299
6.1. PARAMETRII GEOMETRICI AI DINŢILOR FREZELOR 304
6.2. FORMA DINŢILOR 309
6.3. ELEMENTE CONSTRUCTIVE ALE FREZELOR 311
6.4. FREZE CILINDRICE 313
6.5. FREZE CILINDRO FRONTALE 319
6.6. FREZE FRONTALE 329
6.7. FREZE DISC 351
6.8. FREZE UNGHIULARE 364
6.9. FREZE PROFILATE 367
6.10. CONDIŢII TEHNICE PENTRU FREZE 371
6.11. BREVIARE DE PROIECTARE ŞI EXEMPLU DE CALCUL 374
6.11.1. Breviar de calcule pentru proiectarea frezelor cu dinţi frezaţi 374
6.11.2. Breviar de calcule pentru proiectarea frezelor cu dinţi detalonaţi 375
6.11.3. Breviar de calcule pentru proiectarea capetelor de frezat cu cuţite demontabile şi plăcuţe din carburi metalice demontabile 377
6.11.4. Exemplu de proiectare a unui cap de frezat cu cuţite demontabile armate cu plăcuţe din carburi metalice lipite 378
BIBLIOGRAFIA 381

1

TEORIA SCULELOR AŞCHIETOARE

Scula aşchietoare, indiferent de complexitatea ei sau a procedeului de prelucrare, este formată din partea activă *1*, corpul *2* şi partea de prindere *3* (fig. 1.1).

La proiectarea fiecărui element component se ţine seama, în primul rând, de rolul funcţional, de posibilităţile tehnologice de execuţie, de materialul de prelucrat, de calitatea prelucrării şi de o serie de condiţii tehnico-economice (producţie, cost, protecţie ş.a).

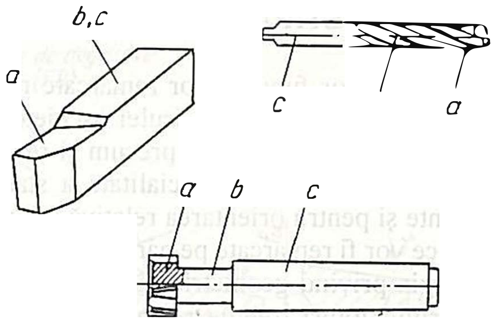


Fig. 1.1

La prelucrarea prin aşchiere a unei suprafeţe se disting două procese: un proces de aşchiere şi un proces de generare. Primul cuprinde fenomenele fizice care apar la transformarea în aşchie a stratului de aşchiere şi al doilea cuprinde mişcările de generare (aşchiere), traiectoriile acestora şi, în final, obţinerea suprafeţei reale în condiţiile tehnice de realizare a suprafeţei.

Partea activă a sculei aşchietoare, în mişcarea sa relativă faţă de piesă, aşigură desfăşurarea proceselor de aşchiere şi generare în condiţiile tehnico-economice impuse (cost, productivitate, protecţie ş.a). Partea activă vine în contact nemijlocit cu stratul de aşchiere şi participă direct la detaşarea aşchiei, la formarea suprafeţei prelucrate, la dirijarea, degajarea şi ruperea aşchiei detaşate şi chiar la ghidarea sculei aşchietoare. Corespunzător acestora, partea activă are în componenţa sa elemente de construcţie care să asigure realizarea acestor funcţiuni.

Pentru realizarea celor două procese fundamentale necesare unei prelucrări prin aşchiere, elementele componente ale părţii active trebuie să ocupe anumite poziţii şi orientări în spaţiu şi să aibă anumite forme. Poziţiile şi orientările relative ale elementelor părţii active stabilesc *geometria sculelor aşchietoare*, iar forma şi dimensiunile elementelor generatoare, legată de mişcările de generare şi de forma suprafeţelor de prelucrat, determină *profilul sculelor aşchietoare*.

Determinarea geometriei şi profilului părţii active constituie probleme fundamentale care trebuie rezolvate la proiectarea, execuţia, exploatarea şi reascuţirea unei scule aşchietoare.

Corpul sculei aşchietoare conţine rezerva de reascuţire prin care scula aşchietoare are posibilitatea de a se regenera prin operaţia de ascuţire. Forma şi dimensiunile lui

trebuie să asigure ca, printr-o ascuţire cât mai simplă, scula aşchietoare să-şi recapete geometria şi profilul iniţiale. Mai are şi rolul de a dirija aşchiile şi, uneori, de ghidare a sculei aşchietoare. Corpul este constituit din viitoare părţi active.

Partea de prindere (de orientare şi fixare) face legatura, prin intermediul dispozitivului de prindere, cu maşina-unealtă. Ea trebuie să asigure prinderea sau desprinderea uşoară şi rapidă în dispozitivul maşinii-unelte, să asigure orientarea şi poziţia relativă a părţii active faţă de piesă stabilite prin operaţia de proiectare a sculei aşchietoare, să asigure rigiditatea statică şi dinamică corespunzătoare eforturilor de aşchiere ş.a.

În cele ce urmează, pe scurt şi numai ce interesează pentru caracterul de îndrumar al acestei lucrări, vor fi rezolvate principalele probleme ce apar la proiectare, probleme ce sunt general valabile pentru toate tipurile de scule aşchietoare.

1.1. GEOMETRIA SCULELOR AŞCHIETOARE

Corespunzător funcţiunilor remarcate mai sus, partea activă are în componenţa sa următoarele elemente: tăişul sculei aşchietoare, elemente care contribuie la dirijarea, degajarea şi ruperea aşchiilor, precum şi rezerva de reascuţire.

Literatura tehnica de specialitate a stabilit definiţii consacrate pentru elementele componente şi pentru orientarea relativă a lor. Cu mici deosebiri formale, şi nu de fond, diferenţe ce vor fi remarcate pe parcurs, STAS 6599/81 (după ISO 3002/I-1977) stabileşte terminologia privind geometria părţii active a sculelor aşchietoare (cu toate că nu este locul potrivit, totuşi trebuie remarcat că definiţiile din STAS 6599/81 sunt criticabile deoarece nu întotdeauna au caracter general, unele sunt confuze - vezi cea între tăiş şi muchie - dau nastere la interpretări, elimină elementul maşină-unealtă din legătura dintre sculă aşchietoare-piesă-maşină-unealtă şi mişcările de generare ş.a.).

1.1.1. Elementele componente ale părţii active

Partea activă este delimitată de suprafeţe numite *feţe active*, care, după rolul funcţional sunt *feţe de degajare* şi *feţe de aşezare* (fig. 1.2).

Faţa de degajare *1* are rolul de a exercita efortul principal de aşchiere asupra stratului de aşchiere şi pe ea se degajă aşchia.

Faţa de aşezare *2*, numită şi spatele tăişului, împreună cu cea de degajare delimitează partea activă.

Intersecţia unei feţe de degajare cu una de aşezare determină **muchia** *3*. Ea este o linie plană sau spaţială şi reprezintă generatoarea elementară sau materializată a sculei aşchietoare.

Diedrul finit şi material din jurul unei muchii, cu rolul de a transforma în aşchie stratul de aşchiere, constituie **tăişul** sculei aşchietoare (*4*).

După rolul pe care-l joacă în procesul de generare, tăişul este:

-*tais principal* sau *de atac* cu rolul de a detaşa aşchia şi se găseşte pe direcţia avansului;

-*tăiş secundar* sau *netezitor* cu rolul de a forma suprafaţa prelucrată, de orientarea şi calitatea lui depinzând rugozitatea suprafeţei prelucrate.

Corespunzător celor două categorii de tăişuri se deosebesc *muchii principale (de*

atac) şi muchii secundare (netezitoare).

Intersecţia a două muchii vecine realizează un vârf al tăişului; vârful care ia naştere din intersecţia muchiei principale cu una secundară constituie *vârful principal V* (fig. 1.2).

Proiecţia muchiei pe un plan de referinţă (*P*) determină *muchia aparentă* (linia $A_1V_1B_1$ din figura 1.2).

Raza de racordare reprezintă raza cercului de racordare a două muchii vecine.

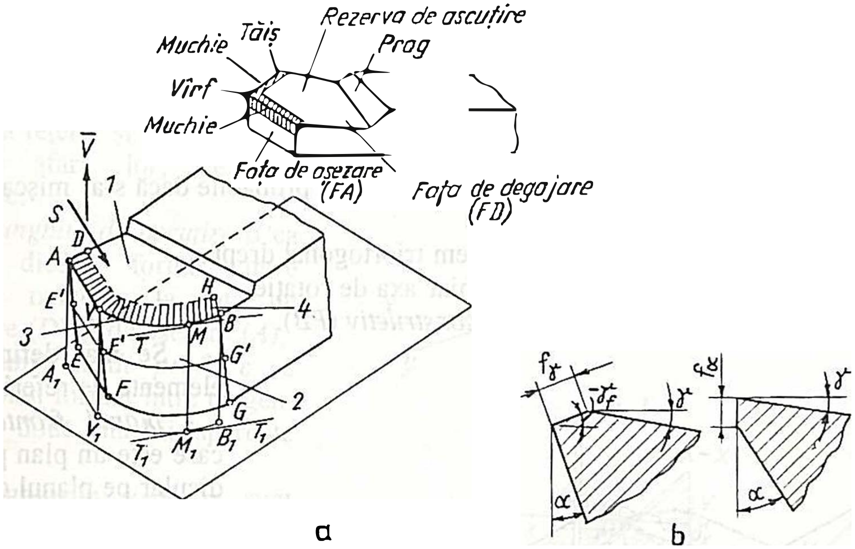


Fig. 1.2

Raza de ascuţire reprezintă raza cercului de racordare dintre urmele feţelor de degajare şi de aşezare într-un plan secant.

Faţetele f_γ pe faţa de degajare şi f_α pe faţa de aşezare modifică local, în jurul muchiei, orientarea feţelor active. Au şi rolul de ghidare sau ca suprafaţe de control.

În componenţa părţii active intră şi **rezerva de reascuţire** care este formată din acea porţiune care se poate consuma prin reascuţiri repetate pentru regenerarea sculei aşchietoare uzate.

1.1.2. Orientarea feţelor şi muchiilor. Parametrii geometrici ai părţii active

Orientarea feţelor şi muchiilor se defineşte prin unghiurile ce le formează acestea sau elementele geometrice legate de ele (tangente sau plane tangente) cu anumite direcţii şi plane de referinţă.

Stabilirea referenţialelor se face ţinând seama de caracteristicile constructive şi funcţionale ale sculei aşchietoare. O sculă aşchietoare este un organ de maşină care se montează pe o maşină-unealtă pentru a-şi îndeplini rolul funcţional de organ de execuţie. În plus, ea se montează pe o maşină de ascuţit în vederea recăpătării proprietăţilor

funcţionale. Ţinând seama de aceste particularităţi se disting următoarele sisteme de referinţă:

- *sistemul de referinţă constructiv* în care se definesc unghiurile constructive şi în care scula aşchietoare este considerată ca un organ de maşină;

- *sistemul de referinţă cinematic* care aparţine maşinii-unelte pe care scula se montează pentru a-şi îndeplini rolul funcţional sau pentru a se reascuţi;

- *sistemul de referinţă funcţional* sau *efectiv* în care se definesc unghiurile de orientare funcţionale (efective) care ţin seama de cinematica generării.

STAS 6599-81 foloseşte pentru definirea orientării feţelor şi muchiilor numai sistemele de referinţă *constructiv* şi *efectiv*.

a. Unghiurile de orientare în sistemul de referinţă constructiv. Sistemul de referinţă constructiv este un sistem de referinţă triortogonal, orientat drept, notat cu *Oxyz* (fig. 1.3):

- axa *Ox* are sensul mişcării de avans probabile sau posibile;

- axa *Oz* are sensul mişcării principale de aşchiere probabile dacă s-ar mişca numai scula aşchietoare;

- axa *Oy* formează cu celelalte un sistem triortogonal drept.

Pentru scule de rotaţie, axa *Ox* este chiar axa de rotaţie.

Planul *Oxy* se numeşte *plan de bază constructiv* (*PB*).

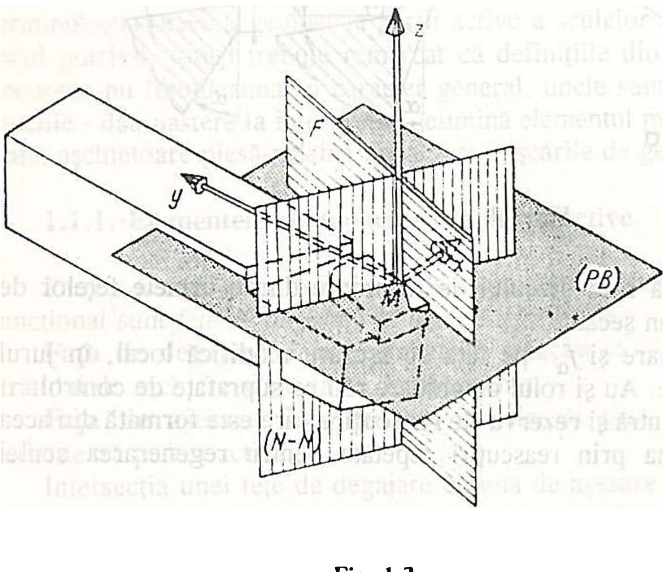


Fig. 1.3

Se mai definesc ca elemente de referinţă:

- *planul frontal* (*F*), care este un plan perpendicular pe planul de bază şi tangent la muchie într-un punct curent *M*;

- *planul secant* (*x-x*), un plan paralel cu planul de referinţă *xOz*;

- *planul secant* (*y-y*), un plan paralel cu planul de referinţă *yOz*;

- *planul secant N-N*, numit şi *plan de măsurare*, (STAS 6599-81), un plan perpendicular pe planul de bază şi pe muchia aparentă din planul de bază.

Cele trei plane secante (*x-x*), (*y-y*) şi *N-N* servesc pentru măsurarea unghiurilor diedre. Ele se mai numesc şi *plane secante principale*.

În acest sistem de referinţă se definesc următoarele unghiuri de orientare ale feţelor şi muchiilor (fig. 1.4.):

- *unghiul de degajare constructiv* γ în punctul curent *M* este unghiul diedru ascuţit format între planul tangent la faţa de degajare (*D*) şi planul de bază (*PB*);

- *unghiul de aşezare constructiv* α în punctul curent *M* reprezintă unghiul diedru ascuţit format de planul tangent la faţa de aşezare (*A*) şi planul frontal (*F*);

- *unghiul de înclinare a muchiei constructiv* λ în punctul curent *M* reprezintă unghiul format de tangenta *TT* la muchia reală cu planul de bază (*PB*) (are ca mărime unghiul format între tangenta *TT* şi proiecţia ei *T'T'* pe planul de bază);

- *unghiul de atac constructiv* $\varkappa$ în punctul curent *M* este unghiul ascuţit format de proiecţia tangentei *T'T'* (tangenta la muchia aparentă) şi axa *Ox* (direcţia mişcării de avans probabil).

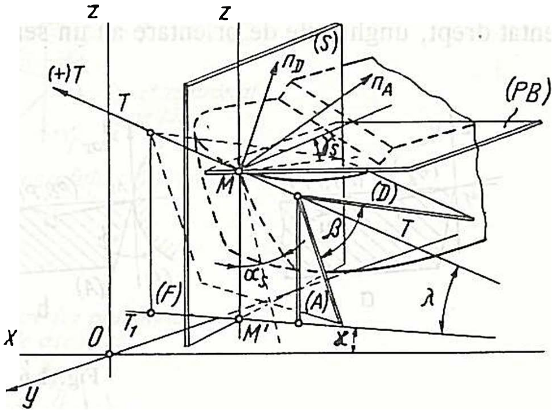


Fig. 1.4

Aceste patru unghiuri definesc complet orientarea în spaţiu a feţelor şi muchiilor.

În afara lor, se mai definesc:

- *unghiul de ascuţire* β ca unghi diedru format între planele tangente la faţa de degajare (*D*) şi de aşezare (*A*);

- *unghiul de profil* ε ca unghi plan format între tangentele la două muchii aparente vecine.

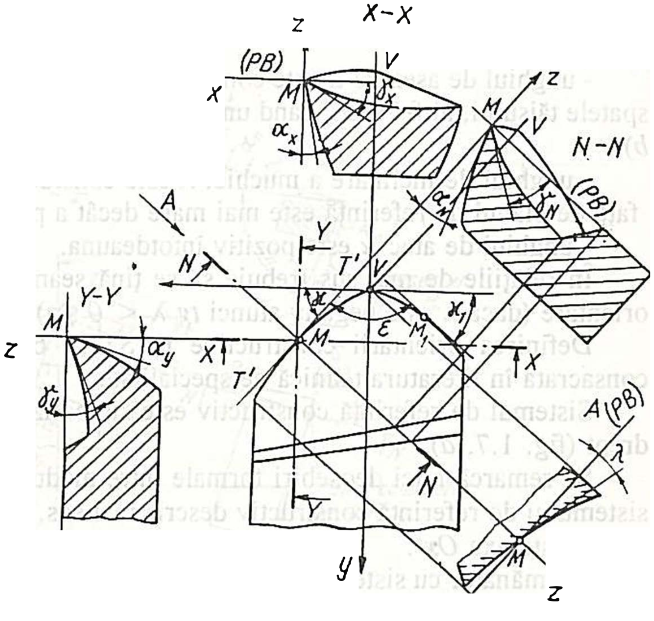


Fig. 1.5

Unghiurile γ şi α sunt unghiuri diedre, definesc orientarea feţelor şi se măsoară în planele secante principale.

Unghiurile λ şi $\varkappa$ definesc orientarea muchiilor.

Pentru o parte activă oarecare, în figura 1.5. sunt reprezentate secţiunile făcute cu planele secante principale (*x-x*), (*y-y*) şi *N-N*, secţiuni rabătute corespunzător figurii, din care rezultă măsurile unghiurilor diedre γ şi α. Măsurile celor două unghiuri diedre în cele trei plane secante principale sunt simbolizate astfel: γ_x; α_x; γ_y; α_y; γ si α corespunzator planelor (*x-x*), (*y-y*), respectiv *N-N* (planul *O-O* conform STAS 6599-81).

În vederea centrală, care reprezintă proiecţia părţii active pe planul de bază (*PB*), apare muchia aparentă şi apar unghiurile de atac principal $\varkappa$ şi secundar $\varkappa_1$ şi unghiul de profil ε. În vedere, după săgeata A, apare unghiul de înclinare λ în adevarată mărime.

Între măsurile unghiurilor γ şi α din cele trei plane secante şi unghiurile de orientare ale muchiei λ şi $\varkappa$ există următoarele relaţii de legătură:

$$
\begin{aligned}
&tg\,\gamma_x = tg\,\gamma\,sin\,\varkappa - tg\,\lambda\,cos\,\varkappa\,; && ctg\,\alpha_x = ctg\,\alpha\,sin\,\varkappa - tg\,\lambda\,cos\,\varkappa\,; \\
&tg\,\gamma_y = tg\,\gamma\,cos\,\varkappa + tg\,\lambda\,sin\,\varkappa\,; && ctg\,\alpha_y = ctg\,\alpha\,cos\,\varkappa + tg\,\lambda\,sin\,\varkappa\,; \qquad (1.1) \\
&tg\,\gamma = tg\,\gamma_x\,sin\,\varkappa + tg\,\gamma_y\,cos\,\varkappa\,; && ctg\,\alpha = ctg\,\alpha_x\,sin\,\varkappa + ctg\,\alpha_y\,cos\,\varkappa\,; \\
&tg\,\lambda = tg\,\gamma_y\,sin\,\varkappa - tg\,\gamma_x\,cos\,\varkappa\,; && tg\,\lambda = ctg\,\alpha_y\,sin\,\varkappa - ctg\,\alpha_x\,cos\,\varkappa.
\end{aligned}
$$

Deoarece orientările feţelor şi muchiilor au fost definite într-un sistem de referinţă orientat drept, unghiurile de orientare au un sens pozitiv (fig. 1.6):

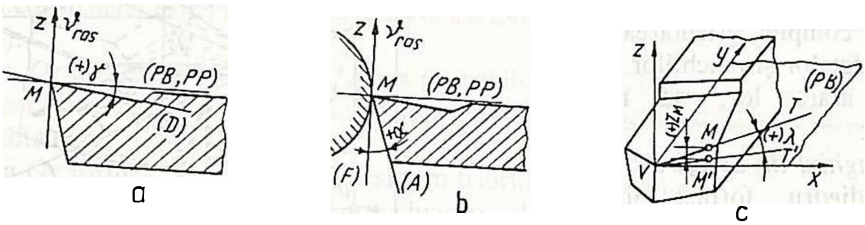


Fig. 1.6

- unghiul de degajare γ este considerat pozitiv când planul tangent la faţa de degajare (*D*), pentru punctul considerat *M*, rămâne sub planul de bază dus prin vârful *V* al tăişului (fig. 1.6, *a*);
- unghiul de aşezare α este considerat pozitiv cind planul frontal (*F*) nu intersectează spatele tăişului, altfel spus, când unghiul de aşezare se formează în afara piesei (fig. 1.6, *b*);
- unghiul de înclinare a muchiei λ este considerat pozitiv când cota vârfului *V* faţă de planul de referinţă este mai mare decât a punctului curent *M* (fig. 1.6, *c*);
- unghiul de atac $\varkappa$ este pozitiv întotdeauna.

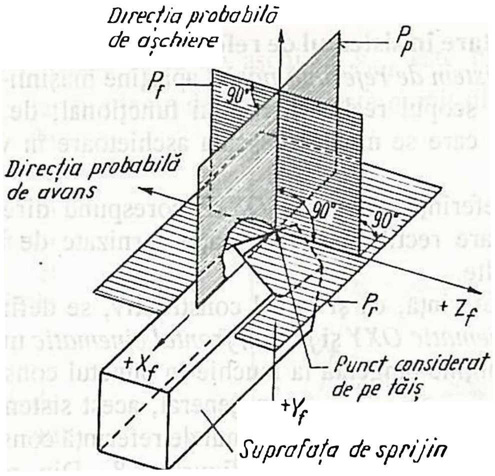
În relaţiile de mai sus trebuie să se ţină seama de semnele tuturor unghiurilor de orientare (dacă λ este negativ atunci $tg\,\lambda < 0$ ş.a).

Definirea orientării constructive în STAS 6599-81 este formal diferită de cea consacrată în literatura tehnică de specialitate.

Sistemul de referinţă constructiv este simbolizat prin $X_f\ Y_f\ Z_f$, ortogonal şi orientat drept (fig. 1.7, *a*).

Se remarcă mici deosebiri formale între modul de alegere a axelor faţă de cele ale sistemului de referinţă constructiv descris mai sus, axa X_f este axa *Oy*, Y_f este axa *Oz* şi axa Z_f este axa *Ox*

Asemănător cu sistemul de referinţă descris, şi de data aceasta se definesc nişte plane de referinţă: planul de bază constructiv P_r, planul de lucru P_f, planul muchiei aşchietoare P_T, planul normal al muchiei P_n, planul de măsurare P_o şi planele ortogonale la faţa de degajare P_g şi la faţa de aşezare P_b. Definiţiile unghiurilor de orientare nu diferă de cele date mai sus. În figura 1.7,*b* sunt reprezentate unghiurile de orientare şi măsurile lor în planele secante conform STAS 6599-81. Se remarcă inexistenţa deosebirilor de fond între definirile consacrate de literatura şi cele din STAS 6599-81.


Direcția probabilă de așchiere
P_p
P_f
90°
Direcția probabilă de avans
90°
90°
P_r
$+Z_f$
$+X_f$
Punct considerat de pe tăiș
$+Y_f$
Suprafața de sprijin

a

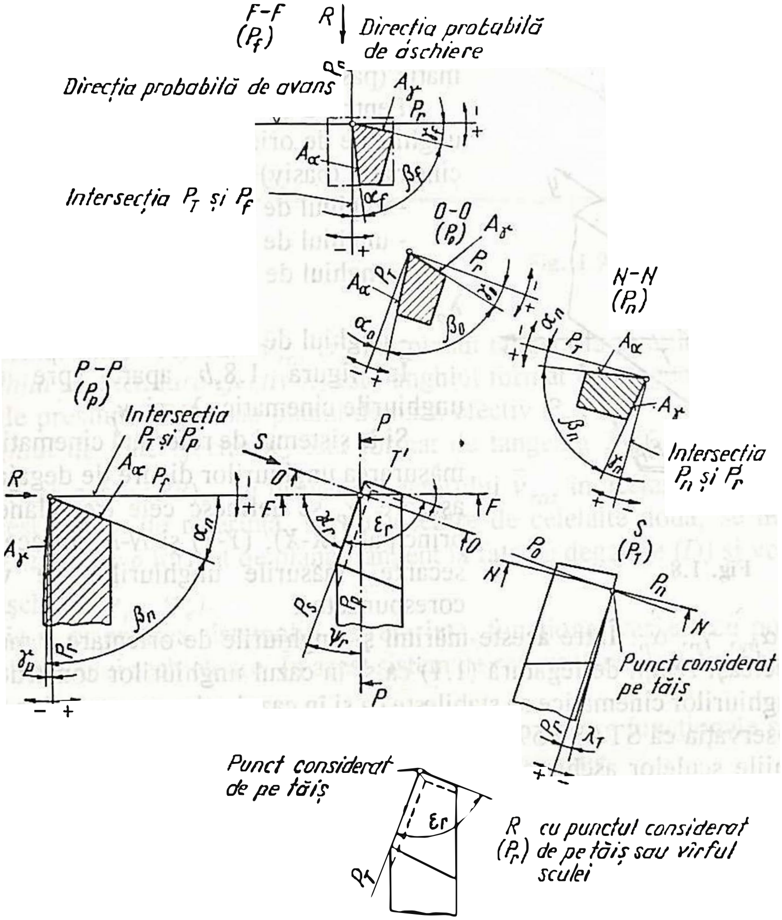
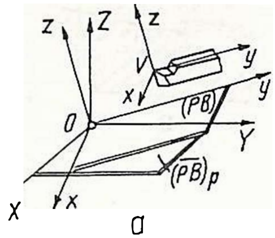

F-F (P_f)
R
Direcția probabilă de așchiere
Direcția probabilă de avans
Intersecția P_T și P_f
O-O (P_o)
N-N (P_n)
P-P (P_p)
Intersecția P_T și P_p
Intersecția P_n și P_r
S (P_T)
Punct considerat de pe tăiș
Punct considerat de pe tăiș
R (P_r) cu punctul considerat de pe tăiș sau vîrful sculei

Fig. 1.7

b. Unghiurile de orientare în sistemul de referinţă cinematic. Sistemul de referinţă cinematic *OXYZ* (numit şi *sistem de referinţă pasiv*) aparţine maşinii-unelte pe care scula aşchietoare se montează în scopul realizării rolului funcţional; de asemenea, aparţine maşinii-unelte de ascuţit pe care se montează scula aşchietoare în vederea operaţiei de reascuţire.

Axele sistemului de referinţă cinematic *OXYZ* corespund direcţiilor şi sensurilor axelor mişcărilor de generare rectilinii şi de rotaţie furnizate de lanţurile cinematice generatoare ale maşinii-unelte.

Şi în acest sistem de referinţă, ca şi în cel constructiv, se definesc ca elemente de referinţă: *planul de bază cinematic OXY* şi *planul frontal cinematic* un plan perpendicular pe planul de bază şi care conţine tangenta la muchie în punctul considerat.



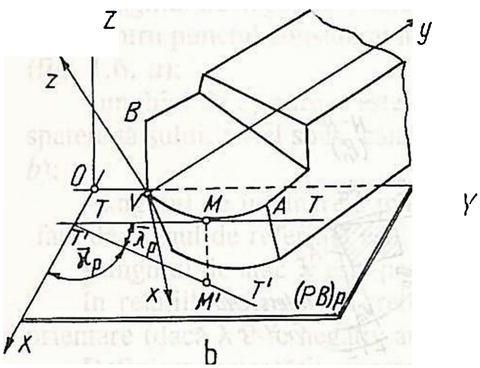


Fig. 1.8

În general, acest sistem de referinţă diferă de sistemul de referinţă constructiv, cum rezultă şi din figura 1.8. Din punct de vedere al definiţiilor, unghiurile de orientare au aceleaşi definiţii cu cele din sistemul de referinţă constructiv, cu deosebirea că măsurarea se face faţă de elementele sistemului de referinţă cinematic (pasiv).

Pentru a le deosebi de cele constructive, unghiurile de orientare în sistemul de referinţă cinematic (pasiv) vor primi indicele p, astfel:

- unghiul de degajare cinematic γ_p;
- unghiul de aşezare cinematic α_p;
- unghiul de înclinare a muchiei, cinematic λ_p;
- unghiul de atac cinematic $\varkappa_p$.

În figura 1.8,*b* apar, spre exemplu, unghiurile cinematic λ_p şi $\varkappa_p$.

Şi în şistemul de referinţă cinematic, pentru măsurarea unghiurilor diedre de degajare γ_p şi aşezare α_p se definesc cele trei plane secante principale (*X-X*), (*Y-Y*) şi *N-N*. În aceste plane secante, măsurile unghiurilor se vor nota corespunzător:

γ_{px}, α_{px}, γ_{py}, α_{py}, γ_p, α_p. Între aceste mărimi şi unghiurile de orientare a muchiei λ_p şi $\varkappa_p$ există aceleaşi relaţii de legătură (1.1) ca şi în cazul unghiurilor constructive.

Semnul unghiurilor cinematice se stabileşte ca şi în cazul celor constructive (fig.1.6).

Se face observaţia că STAS 6599-81 (ca şi ISO 3002/I-1977) nu prezintă orientarea feţelor şi muchiile sculelor aşchietoare faţă de un sistem de referinţă legat de maşina-unealtă (unul din aspectele criticabile ale celor două norme).

c. Unghiurile de orientare în sistemul de referinţă funcţional (efectiv). Sistemul de referinţă funcţional (efectiv sau activ) este legat de cinematica generării şi este definit de vectorul mişcării reale de aşchiere $\bar{v}_{ras}$ şi de un plan perpendicular pe acesta numit

plan de presiune (*PP*).

În STAS 6599-81 viteza reală de aşchiere v_{ras} este numită *viteză rezultantă de aşchiere* notată cu $\bar{v}_e$, iar în planul de presiune este numit plan de bază efectiv P_{re}.

În acest sistem de referinţă unghiurile de orientare ale feţelor şi muchiilor se notează cu aceleaşi simboluri şi primesc indicele *e* (de la efectiv).

Se definesc următoarele unghiuri de orientare funcţionale sau efective (fig. 1.9):

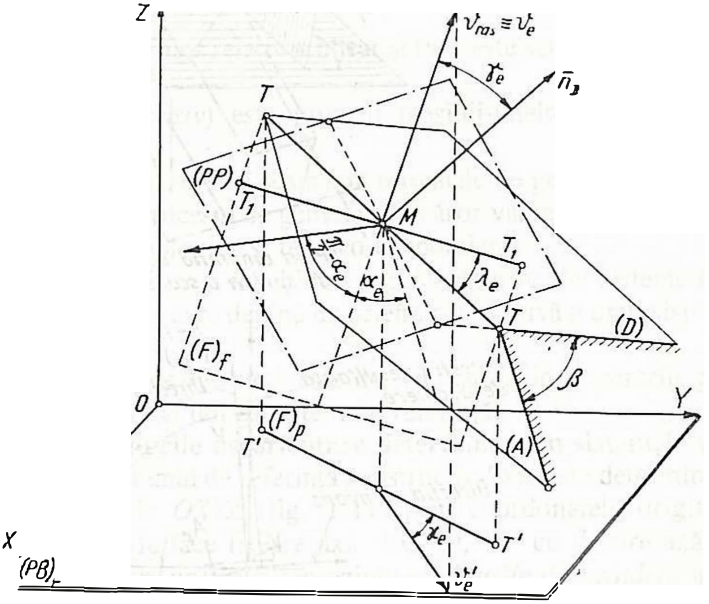


Fig. 1.9

unghiul de degajare efectiv γ_e este unghiul format de planul tangent la faţa de degajare (*D*) şi planul de presiune (*PP*);

- *unghiul de aşezare efectiv* α_e este unghiul format de planul tangent la faţa de aşezare (*A*) şi planul frontal efectiv (F_e); se mai defineşte ca unghiul format între vectorul $\bar{v}_{ras}$ (v_e) si planul tangent la faţa de aşezare (*A*);

- *unghiul de înclinare efectiv* λ_e este unghiul format de tangenta *TT* la muchia reală şi planul de presiune (*PP*), sau planul de bază efectiv P_{re};

- *unghiul de atac efectiv* κ_e este format de tangenta *T'T'* la muchia aparentă din planul de bază pasiv $(PB)_p$ cu proiecţia vectorului $\bar{v}_{ras}$ în acelaşi plan.

În acest sistem de referinţă, spre deosebire de celelalte două, se mai defineşte şi *unghiul de aşchiere* δ format de planul tangent la faţa de degajare (*D*) şi vectorul mişcării reale de aşchiere v_{ras} (v_e).

Poziţia şi orientarea sistemului de referinţă, funcţional variază cu poziţia punctului de pe muchia sculei aşchietoare. În acest sistem de referinţă nu se definesc planele secante principale.

Semnele pozitiv sau negativ ale unghiurilor de orientare funcţionale se determină ca şi în cazul sistemelor de referinţă constructiv sau cinematic.

În figura 1.10 sunt reprezentate, pentru comparaţie, elementele de referinţă şi unghiurile de orientare efective definite în STAS 6599-81.

Se remarcă, şi în acest caz, că nu există deosebiri de fond între modul de abordare în literatura de specialitate consacrată şi această normă.

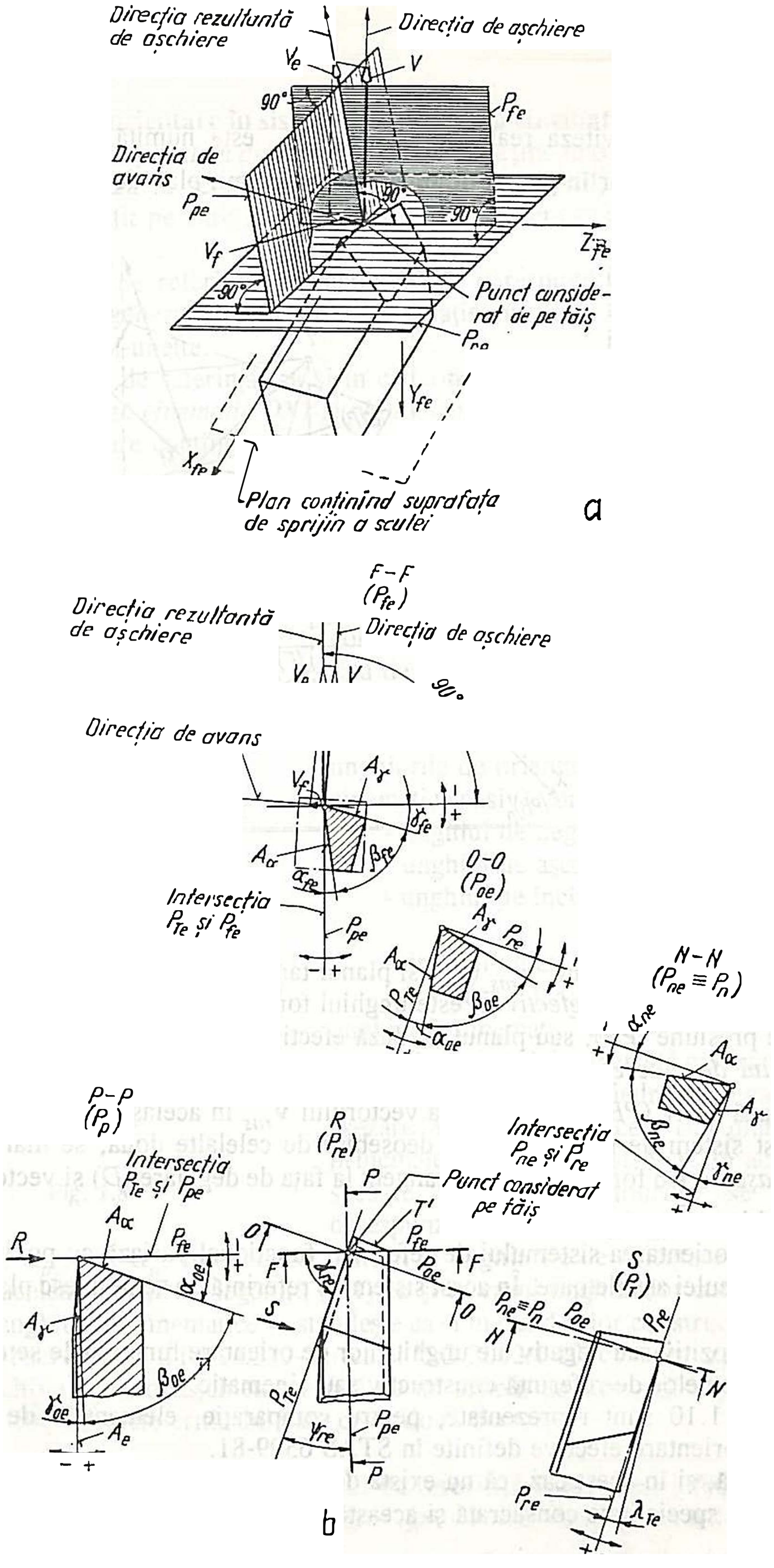

Direcția rezultantă de așchiere
Direcția de așchiere
Direcția de avans
Punct considerat de pe tăiș
Plan conținînd suprafața de sprijin a sculei
a
F–F (Pfe)
Direcția rezultantă de așchiere
Direcția de așchiere
Direcția de avans
Intersecția PTe și Pfe
O–O (Poe)
N–N (Pne ≡ Pn)
Intersecția Pne și Pre
P–P (Pp)
Intersecția PTe și Ppe
R (Pre)
Punct considerat pe tăiș
S (PT)
b

Fig. 1.10

1.1.3. Relaţii de legătură între unghiurile de orientare ale feţelor şi muchiilor

Cele trei sisteme de referinţă definite mai sus diferă între ele ca poziţie şi orientare relativă. Din această cauză şi unghiurile de orientare ale feţelor şi muchiilor determinate în cele trei sisteme de referinţă vor diferi între ele, chiar dacă se referă la aceleaşi elemente constructive ale părţii active.

Sistemul de referinţă constructiv este ales relativ arbitrar şi însoteşte scula aşchietoare privită ca o piesa de sine stătătoare.

Sistemul de referinţă cinematic (*pasiv*) este propriu maşinii-unelte şi în el se poziţionează scula aşchietoare.

Sistemul de referinţă funcţional (*efectiv*) ţine seama de mişcările de generare şi în el apar unghiurile de orientare efective în procesul de generare, a căror valoare este impusă de teoria aşchierii (din considerente tehnologice şi tehnico-economice).

Între unghiurile de orientare ale feţelor şi muchiilor, diferite în cele trei sisteme de referinţă există relaţii analitice de legătura care depind de orientarea relativă a unui sistem de referinţă faţă de celalat.

Orientarea relativă a două sisteme de referinţă este determinată prin unghiurile pe care axele unuia le fac cu axele celui de al doilea sistem de referinţă.

a. Relaţii de legătură între unghiurile de orientare determinate în sistemele de referinţă constructiv şi cinematic. Sistemul de referinţă constructiv *Vxyz* este determinat faţă de sistemul de referinţă cinematic *OXYZ* (fig. 1.11) prin coordonatele originii $V(X_o,Y_o,Z_o)$ şi prin unghiurile pe care le face fiecare axă *Vx, Vy, Vz* cu fiecare axă a sistemului de referinţă cinematic. Aceste unghiuri reprezintă *unghiurile de prindere* ale sculei aşchietoare pe maşina-unealtă.

Se vor nota unghiurile cu (fig. 1.11):

- μ făcute cu axa *OX*;
- ν făcute cu axa *OY*;
- ω făcute cu axa *OZ*,

şi vor primi indicii *x, y, z* corespunzător axelor *Vx, Vy, Vz*.

În felul acesta, cele două sisteme de referinţă vor fi legate între ele prin coordonatele originii $V(X_o,Y_o,Z_o)$ şi prin cele nouă cosinusuri directoare ale unghiurilor de poziţie relativă a_x, a_y ... c_y, c_z date în tabelul 1.1.

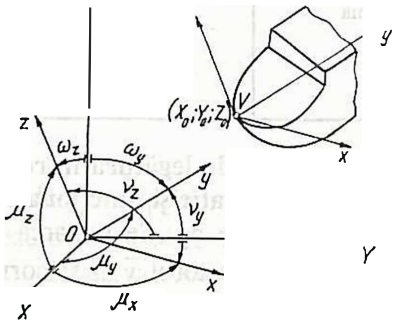


Fig. 1.11

Tabelul 1.1

Cosinusurile directoare ale unghiurilor de poziţie

	OX	OY	OZ
ox	$a_x = \cos \mu_x$	$b_x = \cos \nu_x$	$c_x = \cos \omega_x$
oy	$a_y = \cos \mu_y$	$b_y = \cos \nu_y$	$c_y = \cos \omega_y$
oz	$a_z = \cos \mu_z$	$b_z = \cos \nu_z$	$c_z = \cos \omega_z$

Fără a intra în demonstrații matematice, relațiile de legătură între unghiurile de orientare măsurate în sistemele de referință constructiv și cinematic sunt date în tabelul 1.2.

Tabelul 1.2

Relații de legătură între unghiurile de orientare în sistemele de referință constructiv și cinematic

Fața de degajare	$-tg\gamma_x=(-a_x tg\bar{\gamma}_x+b_x tg\gamma_y\ -c_x)/(a_z tg\bar{\gamma}_x-b_z tg\gamma_y+c_z)$ $tg\gamma_y=(-a_y tg\bar{\gamma}_x+b_y tg\bar{\gamma}_y\ -c_y)/(a_z tg\bar{\gamma}_x-b_z tg\bar{\gamma}_y+c_z)$ $-tg\gamma_{px}=(-a_x tg\gamma_x+a_y tg\gamma_y\ -a_z)/(c_x tg\gamma_x-c_y tg\gamma_y+c_z)$ $tg\gamma_{py}=(-b_x tg\gamma_x+b_y tg\gamma_y\ -b_z)/(c_x tg\gamma_x-c_y tg\gamma_y+c_z)$
Fața de așezare	$-ctg\alpha_x=(-a_x ctg\alpha_x+b_x ctg\alpha_y\ -c_x)/(a_z ctg\alpha_x-b_z ctg\alpha_y+c_z)$ $ctg\alpha_y=(-a_y ctg\bar{\alpha}_x+b_y ctg\bar{\alpha}_y\ -c_y)/(a_z ctg\bar{\alpha}_x-b_z ctg\bar{\alpha}_y+c_z)$ $-ctg\alpha_{px}=(-a_x ctg\alpha_x+a_y ctg\alpha_y\ -a_z)/(c_x ctg\alpha_x-c_y ctg\alpha_y+c_z)$ $ctg\alpha_{py}=(-b_x ctg\alpha_x+b_y ctg\alpha_y\ -b_z)/(c_x ctg\alpha_x-c_y ctg\alpha_y+c_z)$
Muchia	$tg\chi_p=(b_x\cos\chi+b_y\sin\chi+b_z tg\lambda)/(a_x\cos\chi+a_y\sin\chi+a_z tg\lambda)$ $tg\lambda_p=(c_x\cos\chi+c_y\sin\chi+c_z tg\lambda)/\sqrt{1+tg^2\lambda-(c_x\cos\chi+c_y\sin\chi+c_z tg\lambda)^2}$ $tg\chi=(a_y\cos\bar{\chi}+b_y\sin\bar{\chi}+c_y tg\bar{\lambda})/(a_x\cos\bar{\chi}+b_x\sin\bar{\chi}+c_x tg\bar{\lambda})$ $tg\lambda=(a_z\cos\bar{\chi}+b_z\sin\bar{\chi}+c_z tg\bar{\lambda})/\sqrt{1+tg^2\bar{\lambda}-(a_z\cos\bar{\chi}+b_z\sin\bar{\chi}+c_z tg\bar{\lambda})^2}$

b. Relații de legătură între unghiurile de orientare determinate în sistemele de referință cinematic și funcțional. Din figura 1.12 rezultă unghiurile efective de degajare γ_e și de așezare α_e. Se remarcă măsura unghiului de degajare funcțional (efectiv) γ_e măsurat între vectorul $\bar{v}_{ras}$ și normala n_D la planul (*D*) tangent la fața de degajare, iar unghiul de așezare funcțional α_e este măsurat între același vector $\bar{v}_{ras}$ și planul (*A*) tangent la fața de așezare. Vectorul mișcării reale de așchiere $\bar{v}_{ras}$ (sau conform STAS 6599-81 viteza efectivă v_e) are în sistemul de referință cinematic *OXYZ* cosinusurile directoare $\bar{v}_{ras}$ (a_v, b_v, c_v) care depind de mișcările de generare: mișcarea principală și mișcările de avans.

Fără a intra în amănunte, unghiul de degajare efectiv γ_e este dat de relația:

$$\cos\gamma_e = (c_v+a_v\, tg\,\gamma_{px}-b_v\, tg\,\gamma_{py}) \,/\, \sqrt{1+tg^2\gamma_{px}+tg^2\gamma_{py}} \tag{1.2}$$

iar unghiul de așezare funcțional α_e

$$\sin\alpha_e = (c_v + a_v \operatorname{ctg}\alpha_{px} - b_v \operatorname{ctg}\alpha_{py}) \,/\, \sqrt{1+\operatorname{ctg}^2\alpha_{px}+\operatorname{ctg}^2\alpha_{py}} \qquad (1.3)$$

Dacă tangenta TT la muchia reală are cosinusurile directoare în sistemul de referinţă cinematic $TT\,(a_T, b_T, c_T)$, atunci unghiul de înclinare a muchiei, efectiv λ_e (fig. 1.12) este dat de relaţia

$$\sin\lambda_e = (a_v \cos\chi_p + b_v \sin\chi_p + c_v \operatorname{tg}\lambda_p) \,/\, \sqrt{1+\operatorname{tg}^2\lambda_p} \qquad (1.4)$$

iar unghiul de atac efectiv $\varkappa_e$ este dat de relaţia

$$\cos\chi_e = (a_v \cos\chi_p + b_v \sin\chi_p) \,/\, \sqrt{1+\operatorname{tg}^2\lambda_p} \qquad (1.5)$$

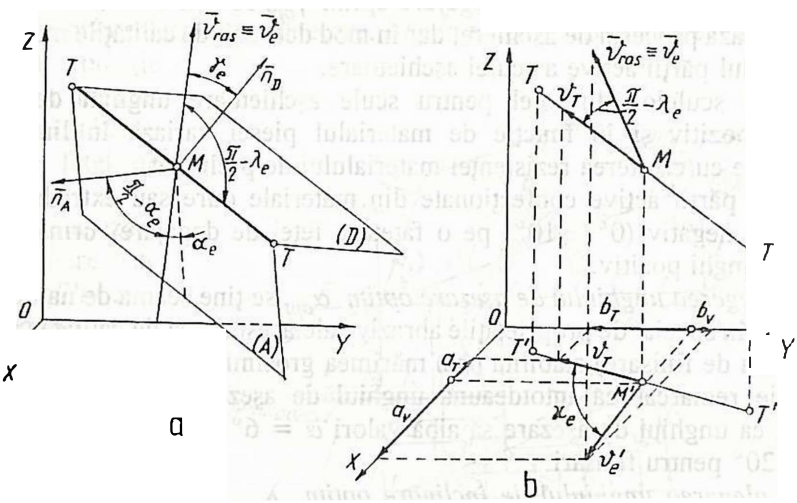


Fig. 1.12

Dacă vitezele de avans sunt relativ foarte mici faţă de viteza principală de aşchiere v_{as}, atunci se poate face aproximaţia $\bar{v}_{ras} = \bar{v}_{as}$, rezultând că sistemul de referinţă funcţional (efectiv) se va confunda cu cel pasiv, adică axa OZ se va confunda cu vectorul $\bar{v}_{ras}$. În acest caz, în relaţiile de mai sus $a_v = b_v = 0$ şi $c_v = 1$, iar unghiurile funcţionale se vor identifica cu cele cinematice.

La proiectarea unei scule aşchietoare, alegându-se din teoria aşchierii valorile optime pentru unghiurile funcţionale, se trece prin sistemul de referinţă cinematic şi se ajunge la cel constructiv, valori ce se trec pe desenul de execuţie al sculei aşchietoare.

Se aleg valorile optime ca unghiuri efective numai într-un punct al muchiei şi, de obicei, acest punct este vârful V al tăişului el fiind punctul cel mai solicitat. În alte puncte de pe muchie şi tăiş valorile efective vor diferi de cele alese ca optime. Sunt puncte de pe tăiş, în care, datorită formei suprafeţei de prelucrat şi condiţiilor locale de prelucrare, unghiurile efective pot ajunge la valori critice. În acestě cazuri se vor lua măsuri constructive sau de exploatare prin care unghiurile efective să nu ajungă sub valori limită.

1.1.4. Elemente privind alegerea geometriei sculelor aşchietoare

Stabilirea valorilor optime pentru unghiurile de orientare ale feţelor şi muchiilor ţine seama de influenţele pe care le au aceşti parametri geometrici asupra fenomenelor fizice ale procesului de aşchiere şi de condiţiile tehnico-economice impuse procesului de generare.

Se face observaţia că valorile optime alese corespund din punct de vedere al unghiurilor de orientare cu cele funcţionale şi că nu în toate punctele tăişului ele vor fi optime.

Pe scurt, vor fi date câteva indicaţii privind stabilirea unor valori recomandabile pentru unghiurile de orientare, mărimi stabilite pe baza cercetărilor experimentale.

a. *La alegerea unghiului de degajare optim* γ_{opt} se ţine seama de toate elementele care influenţează procesul de aşchiere, dar în mod deosebit de calităţile materialului piesei şi de materialul părţii active a sculei aşchietoare.

În cazul sculelor din oţel pentru scule aşchietoare unghiul de degajare este întotdeauna pozitiv şi în funcţie de materialul piesei variază în limitele 0°...20°, micşorându-se cu creşterea rezistenţei materialului de prelucrat.

În cazul părţii active confecţionate din materiale dure sau extradure, unghiul de degajare este negativ (0°...-10°) pe o faţetă a feţei de degajare, urmată de o faţă de degajare cu unghi pozitiv.

b. *La alegerea unghiului de aşezare optim* α_{opt} se ţine seama de natura materialului de prelucrat, în special de proprietăţile abrazive ale acestuia, şi de calitatea prelucrării (de degroşare sau de finisare) stabilită prin mărimea grosimii aşchiei.

Trebuie remarcat că întotdeauna unghiul de aşezare trebuie să fie pozitiv. Se recomandă ca unghiul de aşezare să aibă valori α = 6° ... 12° pentru degroşări şi α = 15° ... 20° pentru finisări.

c. *La alegerea unghiului de înclinare optim* λ_{opt} se ţine seama de următoarele: calitatea prelucrării (degroşare sau finisare), de continuitatea sau discontinuitatea prelucrării.

Pentru scule de degroşare se recomandă λ cu valori negative (-5° ... -10°), iar pentru finisări se alege cu valori pozitive (+5° ... +10°). Se recomandă $\lambda < 0$ la prelucrarea materialelor cu duritate mare, precum şi în cazul sculelor cu tăişuri de lungimi mari (cuţite profilate, broşe, alezoare ş.a.).

d. *La alegerea unghiului de atac optim* $\varkappa_{opt}$, se va ţine seama în primul rând de felul muchiei: principală sau secundară, precum şi de calitatea prelucrării. Pentru muchia principală unghiul de atac se alege în limitele 45° ... 60°, iar dacă sistemul tehnologic este suficient de rigid $\varkappa$ = 10° ... 30°. Pentru muchia secundară, legat de rugozitatea suprafeţei prelucrate, unghiul de atac secundar $\varkappa_1$ se alege în limitele 5° ... 15°, iar pentru cazuri deosebite de finisare, cu respectarea unor restricţii tehnologice, acesta poate ajunge 0° ... 5°.

Literatura tehnică de specialitate indică sub formă de relaţii, tabele sau nomograme valori optime pentru toate unghiurile de orientare ale feţelor şi muchiilor în funcţie de condiţiile în care are loc prelucrarea.

Parametrii care influenţează asupra valorilor acestor unghiuri sunt de natură tehnologică (materialul piesei, al sculei aşchietoare) şi de natură tehnico-economică (cost, productivitate, calitatea prelucrării ş.a.). Aceste recomandări vor fi dezvoltate şi

prezentate pentru fiecare sculă aşchietoare în parte.

Proiectantul alege valorile optime pentru scula aşchietoare de proiectat, stabileşte ca aceste valori să se realizeze ca unghiuri funcţionale în punctul cel mai solicitat (care în general este vârful *V* al sculei aşchietoare), stabileşte variaţia unghiurilor efective pe întreaga muchie pentru a nu apărea cazuri defavorabile (unghiuri de degajare prea mici, unghiuri de aşezare negative ş.a.), le transformă în unghiuri cinematice şi apoi le trece în sistemul de referinţă constructiv, deoarece pe desenul de execuţie, în final, trebuie trecute acestea din urmă (cu ele se construieşte şi se verifică scula aşchietoare).

1.2. PROFILUL SCULELOR AŞCHIETOARE

Prelucrarea suprafeţelor profilate, fie cu scule aşchietoare cu generatoarea materializată, fie prin rulare fără alunecare, impun muchiei aşchietoare o anumită formă, dimensiuni şi poziţie relativă, care vor influenţa caracteristicile geometrice ale feţei de aşezare.

Suprafaţa de aşezare a sculei aşchietoare este definită prin *profilul* ei.

Prin *profilul unei suprafeţe* se înţelege linia de intersecţie dintre suprafaţa considerată şi un plan, numit *plan de profilare*.

În cazul unei scule aşchietoare, se deosebesc trei linii de profil:

- *profilul funcţional* determinat în planul în care scula aşchietoare realizează generarea suprafeţei (în care "funcţionează" scula aşchietoare);
- *profilul tehnologic* este determinat în planul în care scula aşchietoare este executată de către scula de ordinul doi;
- *profilul de măsurare* (*de control*) determinat în planul în care se pot controla cel mai avantajos elementele suprafeţei profilate ale sculei aşchietoare.

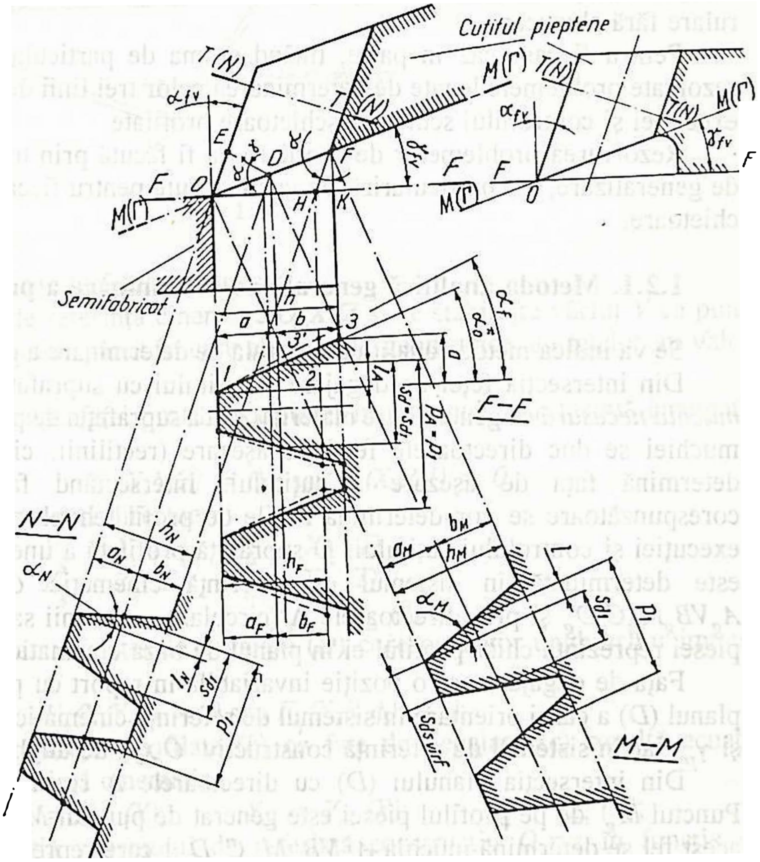


Fig. 1.13

Pentru exemplificare, în figura 1.13 sunt reprezentate cele trei linii de profil pentru

un cuţit-pieptene folosit la danturarea roţilor cilindrice: *profilul funcţional* rezultă în planul *F-F* şi este determinat de unghiul de profil α_f; *profilul tehnologic* apare în planul *T-T* (sau *N-N*) şi este determinat de unghiul de profil α_N; *profilul de măsurare*, dacă controlul se face în planul feţei de degajare, apare în planul *M-M* (sau Γ-Γ) şi este determinat de unghiul de profil α_M.

Sunt cazuri când planele de profilare se suprapun între ele.

O sculă profilată este determinată dacă se cunosc cele trei linii de profil.

Din punctul de vedere al generării suprafeţei profilate a piesei, care va influenţa şi asupra modului de determinare a profilului sculei aşchietoare, se pot deosebi următoarele cazuri:

a) suprafete prelucrate cu *generatoarea materializată* cum este cazul prelucrării cu cuţite profilate (cunoscut ca profilare cu scula aşchietoare fixă) sau cu freze profilate (cunoscut ca profilare cu scula aşchietoare cu mişcare proprie);

b) suprafeţe prelucrate cu *generatoarea realizată prin rulare* fără alunecare (ca înfăşurătoare) cum este cazul strunjirilor, mortezărilor, frezărilor sau rectificărilor prin rulare fără alunecare.

Pentru fiecare caz în parte, ţinând seama de particularităţile de generare, vor fi rezolvate problemele legate de determinarea celor trei linii de profil necesare proiectării, execuţiei şi controlului sculelor aşchietoare profilate.

Rezolvarea problemelor de profilare va fi făcută prin metode analitice, cu caracter de generalizare, iar particularizările vor fi făcute pentru fiecare caz în parte de scula aşchietoare.

1.2.1. Metoda analitică generală de determinare a profilului cuţitelor profilate

Se va indica metoda analitică generală de determinare a profilului cuţitelor profilate.

Din intersecţia feţei de degajare a cuţitului cu suprafaţa profilată a piesei rezultă *muchia necesară* ca generatoare materializată a suprafeţei de prelucrat. Dacă prin punctele muchiei se duc directoarele feţei de aşezare (rectilinii, circulare, elicoidale ş.a.) se determină faţa de aşezare a cuţitului. Intersectând faţa de aşezare cu plane corespunzătoare se vor determina liniile de profil tehnologic şi de măsurare necesare execuţiei şi controlului cuţitului. O suprafaţă profilată a unei piese oarecare (fig. 1.14) este determinată în sistemul de referinţă cinematic O_pXYZ, prin generatoarea $A_gVB_gM_gC_gD_g$ şi prin directoarele Δ (circulare, rectilinii sau elicoidale). Generatoarea piesei reprezintă chiar profilul ei în planul de baza cinematic O_pXY (fig. 1.14).

Faţa de degajare are o poziţie invariabilă în raport cu piesa şi este reprezentată de planul (*D*) a cărui orientare în sistemul de referinţă cinematic este dată de unghiurile γ_{px} şi γ_{py} iar în sistemul de referinţă constructiv O_cxyz de unghiurile γ_x şi γ_y.

Din intersecţia planului (*D*) cu directoarele Δ rezultă muchia cuţitului profilat. Punctul M_g de pe profilul piesei este generat de punctul M_m de pe muchia cuţitului. În acest fel se determină muchia $A_mVB_mM_mC_mD_m$, care reprezintă profilul piesei în planul feţei de degajare. De remarcat că punctul *V* este ales astfel încât este un punct comun şi generatoarei piesei şi muchiei cuţitului.

În continuare, se trec prin punctele muchiei directoarele feţei de aşezare determinându-se suprafaţa profilată a cuţitului. Se intersectează această suprafaţă cu plane corespunzătoare profilelor tehnologice şi de măsurare.

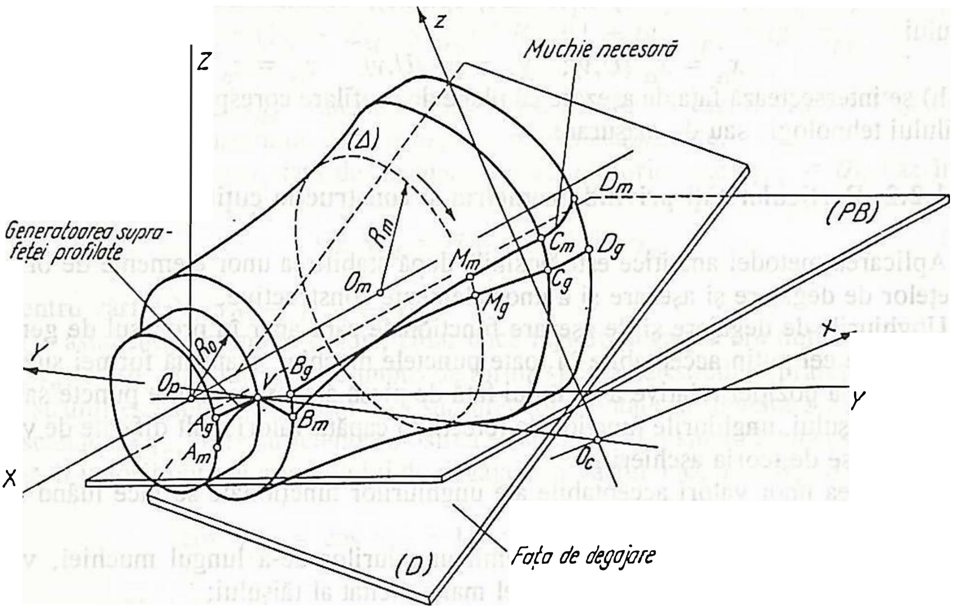


Fig. 1.14

Calculul analitic decurge în felul următor:

a) se alege sistemul de referință cinematic O_pXYZ și se stabilește vârful V ca punct caracteristic pe profilul piesei, punct în care elementele geometrice ale fețelor au valori optime;

b) se scriu ecuațiile suprafeței profilate a piesei în sistemul de referință cinematic O_pXYZ:

$$S\,(X,Y,Z) = 0, \text{ sau } S\,(X,R,I) = 0,$$

sau prin ecuațiile generatoarei și directoarei

$$Y_g = Y_g\,(X); \quad X_\Delta = X_\Delta\,(T)\,;$$
$$Z_g = Z_g\,(X); \quad Y_\Delta = Y_\Delta\,(T)\,;$$
$$Z_\Delta = Z_\Delta\,(T).\,;$$

c) se scrie ecuația planului feței de degajare (D) corespunzător unghiurilor impuse γ_{px} și γ_{py}

$$F_\gamma(X,Y,Z) = 0 \text{ sau } F_\gamma(X,R,\phi) = 0;$$

d) din intersecția suprafeței profilate (b) cu fața de degajare (c) rezultă ecuația muchiei în sistemul de referință cinematic

$$X_m = X_m\,(X); \qquad Y_m = Y_m\,(X); \qquad Z_m = Z_m\,(X);$$

e) se determină poziția sistemului de referință constructiv O_cxyz în funcție de elementele constructive ale cuțitului;

f) se determină ecuațiile muchiei în sistemul de referință constructiv O_cxyz

$$y_m = y_m\,(X); \qquad z_m = z_m\,(X)$$

sau $$x_m = x_m\,(U); \quad y_m = y_m\,(U); \quad z_m = z_m\,(U);$$

g) în sistemul de referință constructiv, prin punctele muchiei se duc directoarele feței

de aşezare (rectilinii, circulare, elicoidale, spirale), determinând suprafaţa profilată a cuţitului

$$x_\alpha = x_\alpha (U,v); \quad y_\alpha = y_\alpha (U,v); \quad z_\alpha = z_\alpha (U,v);$$

h) se intersectează faţa de aşezare cu plane de profilare corespunzătoare determinării profilului tehnologic sau de măsurare.

1.2.2. Particularităţi privind geometria şi construcţia cuţitelor profilate

Aplicarea metodei analitice este posibilă după stabilirea unor elemente de orientare ale feţelor de degajare şi aşezare şi a unor elemente constructive.

Unghiurile de degajare şi de aşezare funcţionale care apar în procesul de generare, trebuie să fie cel puţin acceptabile în toate punctele muchiei. Datorită formei suprafeţei de prelucrat, a poziţiei relative a cuţitului faţă de piesă ş.a., în anumite puncte sau zone critice ale tăişului, unghiurile funcţionale (efective) capătă valori mult diferite de valorile optime impuse de teoria aşchierii.

Realizarea unor valori acceptabile ale unghiurilor funcţionale se face luând măsuri corespunzătoare:

-o repartiţie corespunzătoare a mărimii unghiurilor de-a lungul muchiei, valorile optime găsindu-se în vârful V, punctul cel mai solicitat al tăişului;

-alegerea unor suprafeţe adecvate pentru cele două feţe active;

-alegerea unei poziţii corespunzătoare a sculei faţă de piesă, adică a poziţiei sistemului de referinţă constructiv O_cxyz fata de cel cinematic O_pXYZ (fig. 1.14).

a. Faţa de degajare în majoritatea cazurilor, este un plan de ecuaţie [9]

$$Z_\gamma = -X\, tg\, \gamma_{px} + Y\, tg\, \gamma_{py} \qquad (1.6)$$

în coordonate carteziene, şi

$$\phi_\gamma = \gamma_{py} - \arcsin\left[(X\, tg\, \gamma_{px} + R_V\, tg\, \gamma_{py}) \,/\, R \sqrt{1 + tg^2\gamma_{py}}\,\right] \qquad (1.7)$$

în coordonate polare.

Dacă faţa de degajare este o suprafaţă elicoidală (cazul cuţitelor profilate frontale), ecuaţiile în sistemul de referinţă cinematic vor fi [9]

$$X_\gamma = (P_\gamma \,/\, 2\pi)\phi; \quad Y_\gamma = R \cos \phi; \quad Z_\gamma = R \sin \phi \qquad (1.8)$$

în care pasul elicoidului P_γ al feţei de degajare este $P_\gamma = 2\pi R_V\, ctg\, \gamma_{pyV}$, unghiul $\gamma_{pyV} = \gamma_{opt}$.

În cazul general, unghiurile cinematice γ_{px} şi γ_{py} se determină impunând în două puncte ale tăişului (muchiei) două valori distincte ale unghiurilor de degajare funcţionale (efective):

-în vârful V: $\gamma_{fV} = \gamma_{opt}$;

-într-un punct critic în care unghiul de degajare se micşorează substanţial $\gamma_{fCR} = \gamma_{min} = -3° \ldots +5°$.

Într-un punct $M\ (Y_M, Z_M, R_M)$ unghiurile efective sunt legate de cele cinematice prin relaţia [9]

$$\cos \gamma_{fM} = (Y_M + Z_M \, tg \, \gamma_{py}) \, / \, R_M \sqrt{1 + tg^2 \gamma_{px} + tg^2 \gamma_{py}} \qquad (1.9')$$

şi introducând pentru γ_{fM} valorile alese pentru cele două cazuri (vârful V şi punctul critic) se obţine un sistem de două ecuaţii cu două necunoscute.

De foarte multe ori, faţa de degajare are simplă orientare ($\gamma_{px} = 0$), caz în care relaţia (1.9') devine

$$\sin \gamma_{fM} = (R_V \, / \, R_M) \sin \gamma_{py} \qquad (1.9'')$$

iar pentru vârful V, $\gamma_{fV} = \gamma_{pyV} = \gamma_{opt}$.

De asemenea, în multe cazuri, chiar dacă faţa de degajare are dublă orientare ($\gamma_{px} \neq 0$; $\gamma_{py} \neq 0$), unghiul γ_{px} este impus de forma şi caracteristicile suprafeţei de prelucrat (vezi strunjirea suprafeţelor conice, a suprafeţelor frontale, a filetelor ş.a). În acest caz, cunoscându-se γ_{px}, este suficientă folosirea relaţiei (1.9') o singură dată punând condiţia realizării valorii optime a unghiului de degajare în vârful $V(0, Y_V = R_V, 0)$

$$\cos \gamma_{opt} = \cos \gamma_{fV} = 1 \, / \sqrt{1 + tg^2 \gamma_{px} + tg^2 \gamma_{py}} \qquad (1.10)$$

necunoscuta fiind doar γ_{py}.

b. Muchia cuţitului profilat este linia care rezultă din intersecţia feţei de degajare cu suprafaţa piesei. Suprafaţa piesei poate fi cilindrică (în cazul strunjirii profilate) sau elicoidală (în cazul strunjirii suprafeţelor elicoidale).

Pentru un punct $M(X_M, Y_M = R_M, 0)$ de pe profilul piesei, ecuaţia muchiei, în funcţie de forma şi orientarea feţei de degajare, în sistemul de coordonate cinematic, va fi:

b1).cazul în care faţa de degajare este plană cu dublă orientare şi piesa cu directoare circulare: în coordonate carteziene (1.11), respectiv polare (1.12)

$$X_m = X_M$$

$$Y_m = [1/(1+tg^2 \gamma_{py})][-tg\gamma_{px} (X_M \, tg \, \gamma_{px} + R_V \, tg \, \gamma_{py}) +$$
$$+ \sqrt{(1 + tg^2 \gamma_{py} R_M^2 - (X_M \, tg \, \gamma_{px} + R_V \, tg \, \gamma_{py})^2} \qquad (1.11)$$

$$Z_m = -[1/(1+tg^2 \gamma_{py})] \; [X_M \, tg \, \gamma_{px} + R_V \, tg \, \gamma_{py} +$$
$$+ \sqrt{(1 + tg^2 \gamma_{py} R_M^2 - (X_M \, tg \, \gamma_{px} + R_V \, tg \, \gamma_{py})^2} \;]$$

respectiv

$$\phi_m = \gamma_{py} - \arcsin [(X_M \, tg \, \gamma_{px} \; \cos \gamma_{py} \; + \; R_V \sin \gamma_{py}) \, / \, R_M] \qquad (1.12)$$

b2) cazul în care faţa de degajare este plană cu simplă orientare ($\gamma_{px} = 0$), şi piesa cu directoare circulare: în coordonate carteziene (1.13), respectiv polare (1.14)

$$X_m = X_M$$

$$Y_m = R_V \sin^2\gamma_{py} + \cos\gamma_{py} \sqrt{R_M^2 - R_V^2 \sin^2\gamma_{py}} \qquad (1.13)$$

$$Z_m = R_V \sin\gamma_{py} \cos\gamma_{py} - \sin\gamma_{py} \sqrt{R_M^2 - R_V \sin^2\gamma_{py}}$$

respectiv

$$\phi_m = \gamma_{py} - \arcsin\left[(R_V / R_M) \sin\gamma_{py}\right] \qquad (1.14)$$

b3) cazul în care faţa de degajare este plană cu dublă orientare şi piesa este un melc arhimedic cu pasul P de parametru al elicii $p = P / (2\pi)$ (cazul strunjirii şuruburilor de precizie): în coordonate carteziene

$$X_m = X_M + p\,\{\gamma_{py} - \arcsin[(X_M\, tg\gamma_{px} + R_V\, tg\gamma_{py}) \cos\gamma_{py} / R_M\,]\}$$

$$Y_m = R_M \cos\{\gamma_{py} - \arcsin[(X_M\, tg\gamma_{px} + R_V\, tg\gamma_{py}) \cos\gamma_{py} / R_M\,]\} \qquad (1.15)$$

$$Z_m = R_M \sin\{\gamma_{py} - \arcsin[(X_M\, tg\gamma_{px} + R_V\, tg\gamma_{py}) \cos\gamma_{py} / R_M\,]\}$$

respectiv în coordonate cilindrice

$$X_m = X_M + p\,\phi_\gamma; \qquad \phi_m = \phi_\gamma \qquad (1.16)$$

b4) cazul în care faţa de degajare este o suprafaţă elicoidală cu pasul $P_\gamma = 2\pi\, R_V \cos\gamma_{pyV}$ şi piesa este un tor cu directoarele circulare coaxiale cu axa cuţitului (cazul strunjirii profilate frontale): în coordonate carteziene

$$X_m = X_M; \quad Y_M = R_M \cos[(2\pi X_M) / P_\gamma]; \quad Z_M = R_M \sin[(2\pi X_M) / P_\gamma] \qquad (1.17)$$

respectiv în coordonate cilindrice

$$X_m = X_M; \quad \phi_m = (2\pi\, X_M) / P_\gamma \qquad (1.18)$$

Cel mai întâlnit caz este *b2* când faţa de degajare are simplă orientare.

c. Poziţia şi orientarea relativă a sistemului de referinţă constructiv faţă de sistemul de referinţă cinematic sunt determinate de coordonatele centrului $O_c(X_c, Y_c, Z_c)$ şi de cele nouă cosinusuri directoare ale unghiurilor pe care axele sistemului de referinţă constructiv le fac cu axele cinematice (fig. 1.11, tab. 1.1).

La început cele două sisteme de referinţă sunt suprapuse ca în figura 1.15, *a*.

În cazul cuţitului profilat prismatic, pentru ca scula aşchietoare să fie pusă în contact cu piesa şi să se realizeze un unghi de aşezare $\alpha_{pyV} \neq 0$, sistemul de referinţă constructiv suferă două rotiri în jurul axelor cinematice $\eta_z = \pi$ (fig. 1.15, *b*) şi $\eta_x = \alpha_{pyV}$ (fig. 1.15, *c*).

În cazul cuţitului profilat disc exterior, din aceleaşi motive, sistemul de referinţă constructiv O_cxyz necesită aceleaşi rotiri $\eta_z = \pi$ şi $\eta_x = \alpha_{pyV}$ (fig. 1.15, *d,e*).

În cazul cuţitului profilat disc interior este necesară numai rotirea $\eta_x = \alpha_{pyV}$.

În cazul general, dacă sistemul de referinţă constructiv este deplasat datorită a trei rotiri η_x, η_y şi η_z făcute în jurul axelor sistemului de referinţă cinematic, cele nouă cosinusuri directoare sunt date de relaţiile:

$$
\begin{aligned}
a_x &= \cos\eta_y \cos\eta_z - \sin\eta_x \sin\eta_y \sin\eta_z \\
b_x &= \cos\eta_y \sin\eta_z + \sin\eta_x \sin\eta_y \sin\eta_z \\
c_x &= -\cos\eta_x \sin\eta_y \\
a_y &= -\cos\eta_x \sin\eta_z \\
b_y &= \cos\eta_x \cos\eta_z \\
c_y &= \sin\eta_x \\
a_z &= \sin\eta_y \cos\eta_z + \sin\eta_x \cos\eta_y \sin\eta_z \\
b_z &= \sin\eta_y \sin\eta_z - \sin\eta_x \cos\eta_y \cos\eta_z \\
c_z &= \cos\eta_x \cos\eta_y
\end{aligned}
\qquad (1.19)
$$

La folosirea relaţiilor (1.19) trebuie să se ţină seama de semnul unghiurilor de pivotare η_x, η_y şi η_z.

Pentru cazurile exemplificate în figura 1.15 cosinusurile directoare vor fi:

-pentru cuţit exterior prismatic sau disc ($\eta_z = \pi$ şi $\eta_x = \alpha_{pyV}$)

$a_x = 1;\ b_y = -\cos\alpha_{pyV};\ c_x = \cos\alpha_{pyV};\ b_z = c_y = \sin\alpha_{pyV};\ a_y = a_z = b_x = c_x = 0;$

-pentru cuţitul interior ($\eta_z = 0$ şi $\eta_x = -\alpha_{pyV}$)

$a_x = 1;\ b_z = \sin\alpha_{pyV};\ c_y = -\sin\alpha_{pyV};\ b_y = c_z = \cos\alpha_{pyV};\ a_y = a_z = b_x = c_x = 0.$

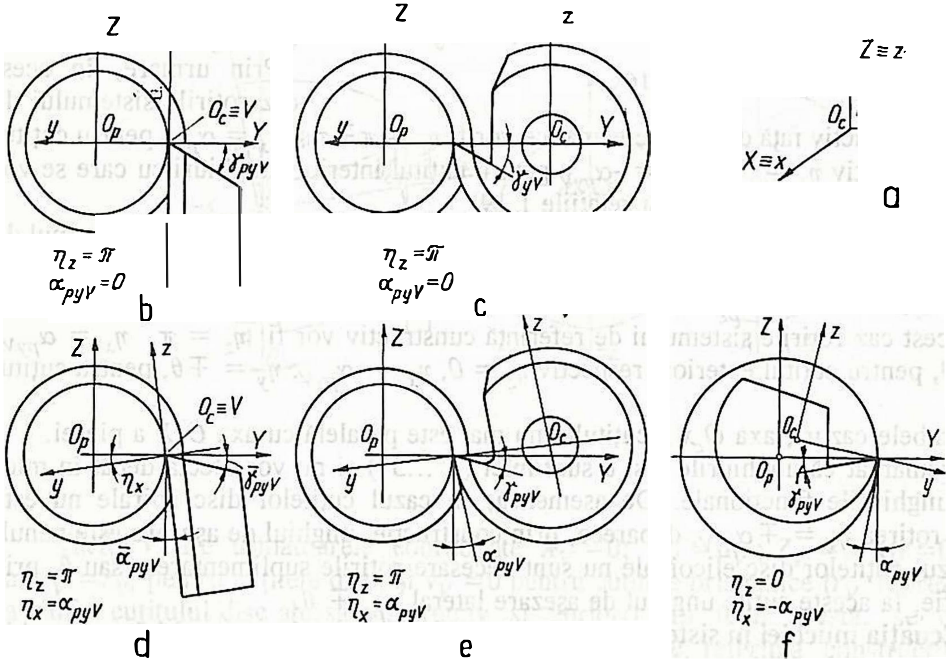


Fig. 1.15

În cazul cuţitului profilat disc spiral, deoarece unghiul de aşezare rezultă din construcţia cuţitului, rotirea $\eta_x = 0$ şi relaţiile se vor modifica corespunzător.

Rotirile η_x şi η_z remarcate mai sus sunt obligatorii. Sunt cazuri în care numai aceste două rotiri nu sunt suficiente. Este cazul prelucrării suprafeţelor frontale ale piesei (suprafeţe paralele cu planul YO_pZ). Datorita avansului radial (pe direcţia axei O_pY), la prelucrarea acestor suprafeţe unghiul de aşezare în această zonă este nul (fig. 1.16,a).

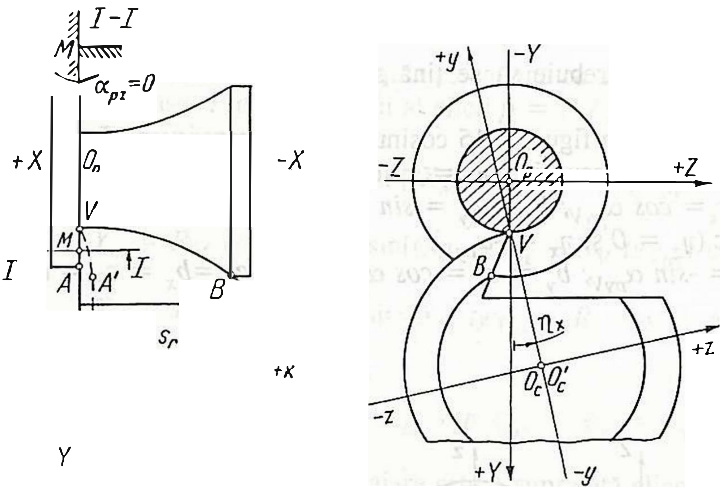


Fig. 1.16

Prin înclinarea suplimentară a axei cuţitului faţă de axa piesei se poate elimina acest inconvenient. Problema are două soluţii.

O primă soluţie este reprezentată în figura 1.17: se roteşte suplimentar sistemul de referinţă constructiv în jurul axei O_pZ cu un unghi $\eta_z = \mp\tau$, astfel că se realizează un unghi de atac secundar $\kappa_1 = \tau$.

Prin urmare, în acest caz rotirile sistemului de referinţă constructiv faţă de axele cinematice vor fi $\eta_z = \pi \mp \tau$ şi $\eta_x = \alpha_{pyV}$ pentru cuţitul exterior, respectiv $\eta_z = \mp\tau$, $\eta_x = -\alpha_{pyV}$ pentru cuţitul interior, unghiuri cu care se vor calcula cosinusurile directoare (cu relaţiile 1.19).

O a doua variantă este reprezentată în figura 1.18: se roteşte suplimentar sistemul de referinţă constructiv în jurul axei O_pY cu un unghi $\eta_y = \mp\theta$, caz în care se realizează un unghi de aşezare lateral $\alpha_{pz} = \theta$.

În acest caz rotirile sistemului de referinţă cunstructiv vor fi $\eta_z = \pi$, $\eta_x = \alpha_{pyV}$, $\eta_y = \mp\theta$, pentru cuţitul exterior, respectiv $\eta_z = 0$, $\eta_x = -\alpha_{pyV}$, $\eta_y = \mp\theta$, pentru cuţitul interior.

În ambele cazuri, axa O_cx a cuţitului nu mai este paralelă cu axa O_pX a piesei.

De remarcat că unghiurile τ şi θ sunt mici (3°...5°) si nu vor afecta decât în mică măsură unghiurile funcţionale. De asemenea, în cazul cuţitelor disc spirale nu este necesară rotirea $\eta_x = \mp\alpha_{pyV}$, deoarece, prin construcţie, unghiul de aşezare este nenul, iar în cazul cuţitelor disc elicoidale nu sunt necesare rotirile suplimentare τ sau θ, prin construcţie, la aceste cuţite unghiul de aşezare lateral $\alpha_{pz} \mp \theta$.

d. Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă constructiv. Un punct M de pe muchie are în sistemul de referinţă cinematic coordonatele $M(X_m, Y_m, Z_m)$, iar în sistemul de referinţă constructiv $M(x_m, y_m, z_m)$, între coordonate existând relaţiile de rototranslaţie

$$\begin{aligned} x_m &= a_x (X_m - X_0) + b_x (Y_m - Y_0) + c_x (Z_m - Z_0) \\ y_m &= a_y (X_m - X_0) + b_y (Y_m - Y_0) + c_y (Z_m - Z_0) \\ z_m &= a_z (X_m - X_0) + b_z (Y_m - Y_0) + c_z (Z_m - Z_0) \end{aligned} \qquad (1.20)$$

în care (X_0, Y_0, Z_0) sunt coordonatele originii O_c a sistemului de referinţă constructiv.

Aceste coordonate se pot determina dacă în relațiile de rototranslație (1.20) se introduc coordonatele unui punct particular cum este vârful V.

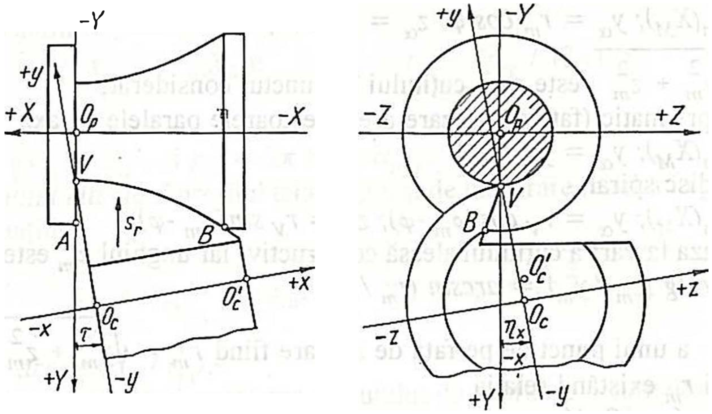


Fig. 1.17

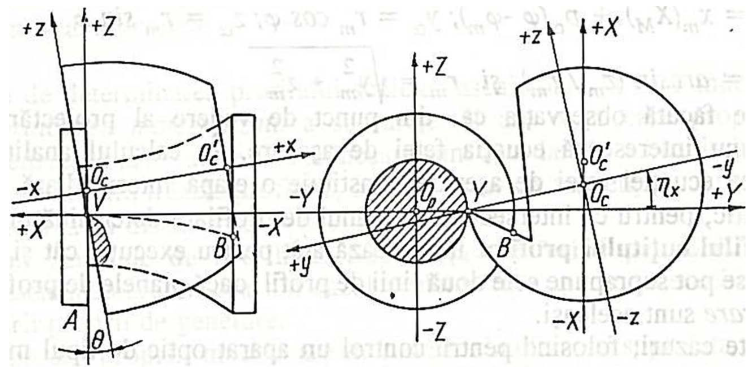


Fig. 1.18

Vârful V are următoarele coordonate $X_V = 0$; $Y_V = R_V$; $Z_V = 0$, $x_V = 0$, $z_V = 0$ iar $y_V = r_V$, pentru cuțitele disc, și $y_V = 0$ pentru cuțitele prismatice (r_V reprezintă raza la vârf a cuțitului disc aleasă constructiv și apriori). În felul acesta, se determină următoarele coordonate pentru originea sistemului de referință constructiv $O_c(X_0, Y_0; Z_0)$;

- pentru cuțitul disc

$$X_0 = a_y\, r_V;\ \ Y_0 = R_V - b_y\, r_V;\ \ Z_0 = -c_y\, r_V \qquad (1.21')$$

- pentru cuțitul prismatic

$$X_0 = 0;\ \ Y_0 = R_V;\ \ Z_0 = 0 \qquad (1.21'')$$

e. Faţa de aşezare este suprafaţa care trece prin punctele muchiei (1.20) şi are directoarele corespunzător tipului de cuţit circulare, rectilinii, spirale sau elicoidale:

- pentru cuţitul disc circular ecuaţia feţei de aşezare este dată de relaţiile:

$$x_\alpha = x_m(X_M);\; y_\alpha = r_m \cos\varphi;\; z_\alpha = r_m \sin\varphi \qquad (1.22')$$

în care $r_m = \sqrt{y_m^2 + z_m^2}$ este raza cuţitului în punctul considerat;

- pentru cuţitu prismatic (faţa de aşezare are directoarele paralele cu axa Vz):

$$x_\alpha = x_m(X_M);\; y_\alpha = y_m\,(X_M) \qquad (1.22'')$$

- pentru cuţitul disc spiral

$$x_\alpha = x_m(X_M);\; y_\alpha = r_V \cos(\varphi_m - \varphi);\; z_\alpha = r_V \sin(\varphi_m - \varphi) \qquad (1.22''')$$

în care r_V este raza la vârf a cuţitului aleasă constructiv, iar unghiul φ_m este dat de relaţia

$$\varphi_m = arctg\,(z_m / y_m) = arcsin\,(z_m / r_m)$$

raza curentă r_m a unui punct de pe faţa de aşezare fiind $r_m = \sqrt{y_m^2 + z_m^2}$, între razele r_V şi r_m existând relaţia

$$r_V = r_m - (p_\alpha / 2\pi)(\varphi_m - \varphi)$$

p_α reprezentând pasul spiralei arhimedice ce constituie directoarea feţei de aşezare şi este ales în funcţie de unghiul de asezare α_{yV};

- pentru cuţitul disc elicoidal, cu directoarea elicei cilindrice de pas $p_\alpha = 2\pi\, r_V \,\mathrm{tg}\, \alpha_{pz}$ (pentru realizarea unui unghi de aşezare lateral $\alpha_{pz} = \mp \theta$), ecuaţiile feţei de aşezare sunt date de ecuaţiile

$$x_\alpha = x_m(X_M) + p_\alpha(\varphi - \varphi_m);\; y_\alpha = r_m \cos\varphi;\; z_\alpha = r_m \sin\varphi \qquad (1.22^{IV})$$

în care $\varphi_m = arcsin\,(z_m / r_m)$ şi $r_m = \sqrt{y_m^2 + z_m^2}$

Trebuie făcută observaţia că, din punct de vedere al proiectării, execuţiei şi exploatării nu interesează ecuaţia feţei de aşezare. În calculul analitic de profilare determinarea ecuaţiei feţei de aşezare constituie o etapă intermediară. Ea interesează numai analitic, pentru că intersectată cu planul de profilare determină profilul cuţitului.

f. Profilul cuţitului profilat interesează atât pentru execuţie cât şi pentru control. În general, se pot suprapune cele două linii de profil, dacă planele de profilare *tehnologic* şi *de măsurare* sunt aceleaşi.

În multe cazuri, folosind pentru control un aparat optic de tipul microscopului de atelier, controlul se efectuează pe faţa de degajare şi atunci muchia serveşte ca profil de control.

Profilul rezultă din intersecţia feţei de aşezare (1.22) cu planul de profilare corespunzător scopului propus.

Pentru *cuţitul disc circular* profilul tehnologic şi de măsurare este profilul axial ce apare în planul de ecuaţie $z=0$ ($\varphi=0$) şi va avea ecuaţiile

$$x_{pr} = x_m(X_M); \qquad y_{pr} = \sqrt{y_m^2 + z_m^2} = r_m \qquad (1.23')$$

Pentru *cuţitul prismatic* profilul tehnologic şi de măsurare apare într-un plan normal pe directoarele rectilinii de direcţie Vz şi va avea ecuaţiile

$$x_{pr} = x_m(X_M); \qquad y_{pr} = y_m(X_M) \qquad (1.23'')$$

Pentru *cuțitul spiral* profilul tehnologic şi de măsurare apare în planul axial $z=0$ şi va fi dat de ecuaţiile

$$x_{pr} = x_m(X_M); \qquad y_{pr} = r_m - [p_\alpha / (2\pi)]\varphi_m \qquad (1.23''')$$

în care $r_m = \sqrt{y_m^2 + z_m^2}$ şi $p_\alpha = 2\pi\, r_V \operatorname{tg} \alpha_{pyV}$.

Pentru *cuțitul elicoidal* profilul tehnologic şi de măsurare rezultă în planul axial $z=0$ şi va avea ecuaţiile

$$x_{pr} = x_m - p_\alpha\, \varphi_m; \qquad y_{pr} = r_m = \sqrt{y_m^2 + z_m^2} \qquad (1.23^{IV})$$

în care $\varphi_m = arcsin\ (z_m / r_m)$.

Astfel, este rezolvată şi problema calculului de profilare a cuţitelor profilate.

În subcapitolul referitor la cuţite profilate (vezi subcap. 3.4), prin particularizarea pe fiecare tip de cuţit profilat a metodei analitice generale arătate mai sus sunt rezolvate problemele de profilare ale acestor scule aşchietoare. Pentru cuţitele de filetat problemele de profilare, ca aplicaţie ale metodei generale, vor fi abordate în subcapitolul 7.1.

1.2.3. Metoda analitică generală de determinare a profilului sculelor aşchietoare cu mişcare proprie

Este vorba de determinarea profilului sculelor aşchietoare la care muchia dintelui constituie *generatoarea materializată* a suprafeţei şi are o mişcare proprie (frezele profilate care generează prin rulare fără alunecare sunt abordate în subcapitolul următor). În categoria acestora intră frezele profilate, broşele cu avans tangenţial, cuţitele cu avans tangenţial, profilarea cu discul abraziv profilat ş.a.

a. Principii generale de profilare. Suprafaţa periferică primară. Metoda de profilare este asemănătoare cu cea din cazul sculelor fixe apărând deosebiri legate de existenţa mişcării proprii de generare.

Datorită mişcării proprii, muchia are în contact simultan cu suprafaţa de prelucrat doar un singur punct şi, în general, punctele muchiei vin în contact cu suprafaţa în mod succesiv în punctele de tangenţă dintre suprafaţa profilată a piesei şi traiectoriile punctelor de pe muchie în mişcarea proprie pe care o are scula aşchietoare.

Deci, şi în acest caz, muchia este linia comună între suprafaţa piesei şi scula aşchietoare.

În cazul sculelor cu mai mulţi dinţi toate muchiile acestora trebuie să se găsească pe o suprafaţă comună numită *suprafaţă periferică primară* (SPP). Aceasta corespunde unei suprafeţe profilate generată de linia unei muchii ce se deplasează pe o traiectorie ce corespunde mişcării proprii de generare a sculei aşchietoare.

Mişcarea proprie de generare are rolul de a aduce în contact cu stratul de aşchiere alt element generator al sculei aşchietoare (muchie întreagă sau element de muchie).

Suprafaţa periferică primară (SPP) are ca generatoare profilul tehnologic al suprafeţei de prelucrat şi ca directoare traiectoria mişcării proprii de generare a sculei aşchietoare:

circulară, în cazul frezelor profilate, rectilinie, în cazul broşelor sau cuţitelor cu avans tangenţial, elicoidală, în cazul tarozilor ş.a.

O primă problemă ce se pune se referă la *profilul tehnologic* al suprafeţei de prelucrat. El depinde de procedeul de generare (deci de mişcările de generare) şi de felul suprafeţei.

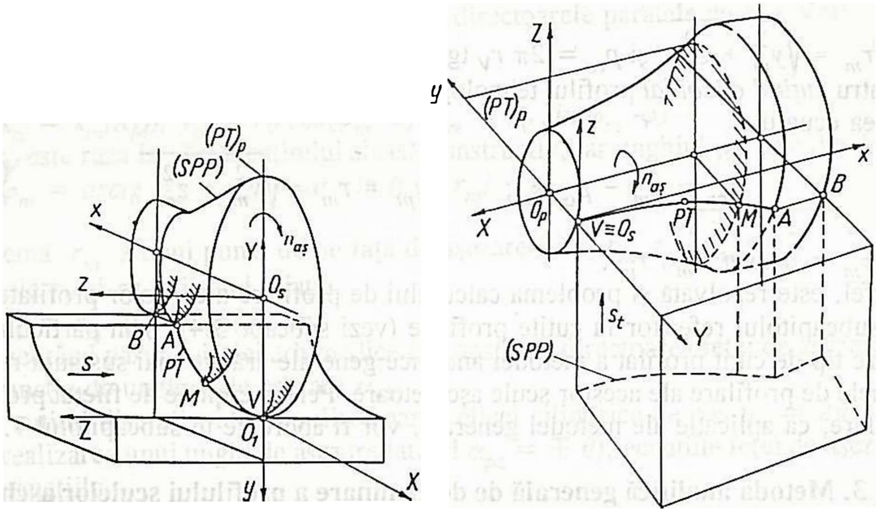


Fig. 1.19

Spre exemplu, în figura 1.19, *a* este reprezentată generarea suprafeţei periferice, primare (SPP) a unei scule de rotaţie. Profilul tehnologic *PT* al suprafeţei profilate ce se prelucrează rezultă în planul de profilare tehnologic $(PT)_p$ ce este determinat de mişcarea de avans *s*. Linia *VMAB*, ca profil tehnologic, constituie generatoarea suprafeţei periferice primare (*SPP*) care în cazul de faţă este o suprafaţă de rotaţie cu axa $O_s x$ corespunzătoare mişcării proprii a sculei aşchietoare, care este mişcarea de rotaţie $n_{aş}$. Pe această suprafaţă periferică primară se vor găsi muchiile ca intersecţie cu feţele de degajare alese din considerente de aşchiabilitate. Această suprafaţă periferică primară va constitui elementul de origine pentru construirea sculelor profilate de rotaţie: freze, discuri abrazive sau broşe circulare.

Tot spre exemplificare, din figura 1.19, *b*, rezultă stabilirea suprafeţei periferice primare (*SPP*) pentru scule aşchietoare cu mişcare proprie rectilinie. Corespunzător mişcării de generare $n_{aş}$ profilul tehnologic rezultă în planul $(PT)_p$ şi este linia *VMAB* şi constituie generatoarea suprafeţei periferice primare (*SPP*); directoarele suprafeţei (*SPP*) vor fi rectilinii corespunzător mişcării proprii rectilinii s_t (avans tangenţial).

Pe această suprafaţă periferică primară se vor găsi muchiile dinţilor sculelor aşchietoare prismatice: cuţitele cu avans tangenţial sau broşele prismatice.

Oricare linie situată pe suprafaţa periferică primară (*SPP*) poate constitui o muchie, deoarece în mişcarea proprie de generare oricare punct al (*SPP*) ajunge tangent la suprafaţa profilată a piesei care reprezintă condiţia de generare a acesteia. Stabilirea liniei de pe suprafaţa periferică primară care să constituie muchia sculei aşchietoare depinde de

faţa de degajare a cărei orientare şi formă sunt impuse din considerente de aşchiere. Intersectând suprafaţa periferică primară cu faţa de degajare aleasă rezultă muchia dintelui; după care, trecând prin punctele ei directoarele feţei de aşezare rezultă dintele sculei aşchietoare.

Pe suprafaţa periferică primară (*SPP*) din figura 1.20, rezultată corespunzător mişcării de rotaţie n_s şi mişcării proprii $n_{aş}$, linia $V_1M_1A_1B_1$, care constituie profilul tehnologic al suprafeţei, a devenit chiar muchia aşchietoare. In acest caz particular faţa de degajare a dintelui este chiar planul de profilare tehnologic (*PT*) care este axial pentru scula aşchietoare. Asemănător cu linia $V_1M_1A_1B_1$ sunt şi muchiile celorlalţi dinţi $V_2M_2A_2B_2$, $V_3M_3A_3B_3$ ş.a.m.d.

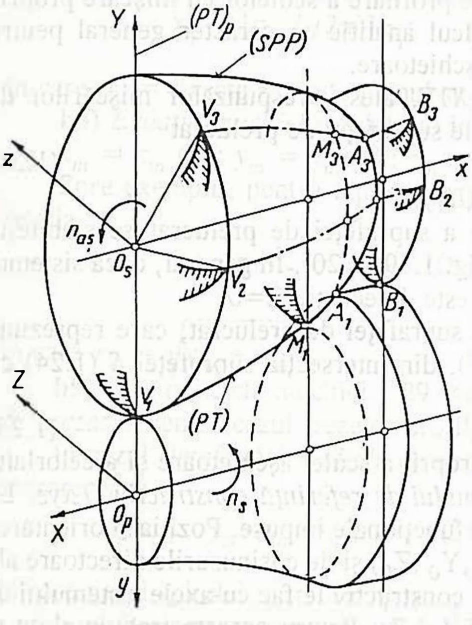


Fig. 1.20

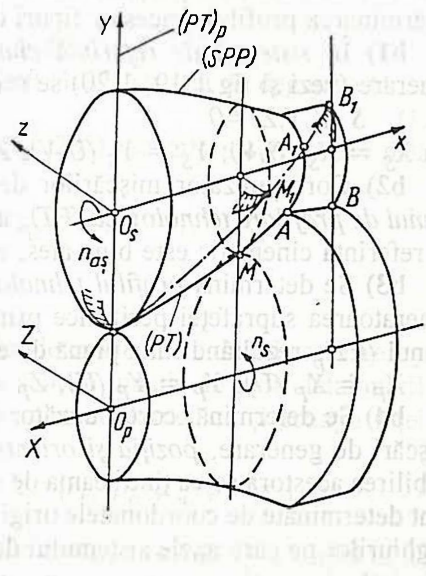


Fig. 1.21

În figura 1.21 este exemplificat cazul în care pe aceeaşi suprafaţă periferică primară (*SPP*) muchia este linia elicoidală $VM_1A_1B_1$ pentru acelaşi profil tehnologic *PT* din planul de profilare tehnologic $(PT)_p$.

La stabilirea suprafeţei periferice primare (*SPP*) trebuie să se ţină seama de următoarele restricţii:

-traiectoriile directoare să aibă cu suprafaţa piesei numai puncte de tangenţă;

-traiectoriile directoare să nu intersecteze elementele de suprafaţă învecinate ale piesei care se obţin prin acţiunea altor traiectorii sau care aparţin corpului piesei (care se găsesc sub suprafaţa de prelucrat).

Îndeplinirea acestor restricţii se face ţinând seama de poziţia relativă a sculei aşchietoare faţă de piesă, adică stabilind corespunzător sistemul de referinţă constructiv O_sxyz faţă de cel cinematic O_pXYZ (fig. 1.19 şi 1.20). În aceste figuri, axa O_sx a fost aleasă în planul de profilare tehnologic al piesei $(PT)_p$, dar putea fi aleasă şi cu altă

orientare, dar care să asigure condiţiile funcţionale şi restricţiile impuse mai sus.

În procesul tehnologic de confecţionare a sculei aşchietoare cu mai mulţi dinţi se pleacă de la suprafaţa periferică primară (*SPP*) care se intersectează cu cele *z* feţe de degajare (corespunzător *z* dinţi ai sculei aşchietoare) obţinându-se muchiile acestora. Păstrând neatinse muchiile astfel obţinute, se execută, separat pentru fiecare dinte, feţele de aşezare cu scopul realizării unghiurilor de aşezare.

Din suprafaţa periferică primară a mai rămas numai muchia care acum este generatoarea feţei de aşezare. În final, pentru execuţia sculei aşchietoare trebuie determinate profilul tehnologic şi profilul de măsurare ale feţei de aşezare.

b. Metoda analitică generală de determinare a profilului sculelor cu mişcare proprie. Ţinând seama de principiile generale de profilare a sculelor cu mişcare proprie discutate mai sus, se propune un traseu de calcul analitic cu caracter general pentru determinarea profilului acestor tipuri de scule aşchietoare.

b1) În *sistemul de referinţă cinematic* O_pXYZ, ales corespunzător mişcărilor de generare (vezi şi fig.1.19, 1.20) se scriu ecuaţiile suprafeţei de prelucrat

$$S\,(X,Y,Z)=0 \qquad (1.24)$$

sau $X_S = X_S\,(U,V);\ Y_S = Y_S\,(U,V);\ Z_S = Z_S\,(U,V)$.

b2) Corespunzator mişcărilor de generare a suprafeţei de prelucrat se stabileşte *planul de profilare tehnologică* $(PT)_p$ al piesei (fig. 1.19, 1.20). În general, dacă sistemul de referinţă cinematic este bine ales, acest plan este de ecuaţie $Z=0$.

b3) Se determină *profilul tehnologic PT* al suprafeţei de prelucrat, care reprezintă generatoarea suprafeţei periferice primare (*SPP*), din intersecţia suprafeţei *S* (1.24) cu planul $(PT)_p$ rezultând linia plană de ecuaţii

$$X_P = X_P\,(U);\ Y_P = Y_P\,(U);\ Z_P = Z_P\,(U). \qquad (1.25)$$

b4) Se determină, corespunzător mişcării proprii a sculei aşchietoare şi a celorlalte mişcări de generare, *poziţia şi orientarea sistemului de referinţă constructiv* O_sxyz. La stabilirea acestora se va ţine seama de restricţiile funcţionale impuse. Poziţia şi orientarea sunt determinate de coordonatele originii $O_s(X_0, Y_0, Z_0)$ şi de cosinusurile directoare ale unghiurilor pe care axele sistemului de referinţă constructiv le fac cu axele sistemului de referinţă cinematic: $a_x, a_y, \ldots\ c_y, c_z$ (vezi şi 1.1.2). Pentru aceasta trebuie alese şi câteva elemente constructive cum ar fi raza r_V la vârf a sculei aşchietoare ş.a.

b5) Se trec coordonatele profilului tehnologic *PT* al piesei (relaţiile 1.25) din sistemul de referinţă cinematic în cel constructiv folosind *relaţiile de rototranslaţie*

$$\begin{aligned} x_P &= (X_P - X_0)a_x + (Y_P - Y_0)b_x + (Z_P - Z_0)c_x = x_P(U) \\ y_P &= (X_P - X_0)a_y + (Y_P - Y_0)b_y + (Z_P - Z_0)c_y = y_P(U) \qquad (1.26) \\ z_P &= (X_P - X_0)a_z + (Y_P - Y_0)b_z + (Z_P - Z_0)c_z = z_P(U) \end{aligned}$$

b6) Se determină *ecuaţia suprafeţei periferice primare* (*SPP*) trecând prin punctele profilului tehnologic *PT* (1.26) directoarele acestei suprafeţe corespunzătoare mişcării proprii de generare (circulare, rectilinii sau elicoidale):

$$x_{SPP} = x_{SPP}(U,v);\ y_{SPP} = y_{SPP}(U,v);\ z_{SPP} = z_{SPP}(U,v) \qquad (1.27)$$

b7) Se scrie *ecuaţia feţei de degajare* în sistemul de referinţă constructiv. Pentru tăişuri de lungimi mici ea este plană, iar în cazul tăişurilor de lungimi mari ea este o suprafaţă elicoidală. În primul caz, *planul feţei de degajare* este dat de ecuaţiile: în coordonate carteziene

$$z_\gamma = -x\ tg\gamma_{cx} + (y-r_V)\ tg\gamma_{cy} \qquad (1.28')$$

sau în coordonate polare

$$\varphi_\gamma = \gamma_{cy} - \arcsin\left[(x\ tg\gamma_{cx} + r_V\ tg\gamma_{cy}) / (r\sqrt{1 + tg^2\gamma_{cy}})\right] \qquad (1.28'')$$

în care γ_{cx} şi γ_{cy} sunt unghiurile de degajare constructive. Ele se aleg corespunzător astfel încât în punctele critice ale tăişului să rezulte unghiuri de degajare funcţionale acceptabile ($\gamma_{f\,min} = 3°...5°$)

Dacă $\gamma_{cx} = 0$ relaţiile se transformă corespunzător.

În cazul *feţei de degajare elicoidale* ecuaţiile sunt

$$x_\gamma = [p_\gamma / (2\pi)]\varphi_\gamma; \quad y_\gamma = r\cos\varphi_\gamma; \quad z_\gamma = r\sin\varphi_\gamma \qquad (1.28''')$$

în care $p_\gamma = 2\pi$ ctg γ_{cy} este planul suprafeţei elicoidale.

b8) *Ecuaţia muchiei* rezultă din intersecţia *SPP* (1.27) cu faţa de degajare (1.28):

$$x_m = x_m\,(U);\ y_m = y_m\,(U);\ z_m = z_m\,(U) \qquad (1.29)$$

Spre exemplu, pentru faţa de degajare plană (1.28"), ecuaţia muchiei este dată de relaţia

$$\varphi_m = \gamma_{cy} - \arcsin\left[(x_m\ tg\gamma_{cx}\ \cos\gamma_{cy} + r_V\ \sin\gamma_{cy}) / r_m\right] \qquad (1.30)$$

în care $r_m = \sqrt{y_m^2 + z_m^2}$.

b9) Prin punctele muchiei 1.29 sau 1.30 astfel determinate se duc directoarele *feţei de aşezare*. Pentru cazul frezelor profilate acestea sunt în funcţie de felul detalonării.

În cazul *detalonării radiale* directoarele sunt spirale arhimedice şi ecuaţia feţei de aşezare va fi

$$x_\alpha = x_m; \quad y_\alpha = [r_m - p_\alpha(\varphi_m - \varphi)/(2\pi)]\cos\varphi; \quad z_\alpha = [r_m - p_\alpha(\varphi_m - \varphi)/2\pi)]\sin\varphi \qquad (1.31)$$

în care pasul spiralei $p_\alpha = 2\pi\ r_V$ tg α_{cyV} rezultă din condiţia realizării la vârful dintelui a unui unghi de aşezare funcţional optim $\alpha_{fyV} = \alpha_{opt}$.

În cazul *detalonării frontale* faţa de aşezare rezultă elicoidală de ecuaţie

$$x_\alpha = x_m + p_{e\alpha}(\varphi_m - \varphi)/(2\pi); \quad y_\alpha = r_m\cos\varphi; \quad z_\alpha = r_m\sin\varphi_m \qquad (1.32)$$

în care pasul elicoidului feţei de aşezare $p_{e\alpha}$ rezultă din condiţia realizării unui unghi de aşezare α_{min} convenabil în punctul *M* cel mai defavorabil $p_{e\alpha} = 2\pi\ r_M$ tg α_{min}.

În cazul *detalonării oblice* de unghi τ faţa de aşezare rezultă un elicoid conic de ecuaţii

$$x_\alpha = x_m + p_\alpha(\varphi - \varphi_m) / (2\pi)$$

$$y_\alpha = \{r_m + [p_\alpha\ (\varphi - \varphi_m) / (2\pi)]\ tg\ \tau\}\cos\varphi \qquad (1.33)$$

$$z_\alpha = \{r_m + [p_\alpha\ (\varphi - \varphi_m) / (2\pi)]\ tg\tau\}\sin\varphi$$

în care pasul p_α se alege din aceleaşi condiţii de realizare a unui unghi de aşezare convenabil (vezi 1.31).

În cazul cuţitelor profilate cu avans tangenţial, prin punctele muchiei (1.29) sau (1.30) se duc directoare rectilinii paralele cu o direcţie care face unghiul α_{cyV} cu axa $O_s z$.

b10) Determinarea *profilului dintelui* sculelor cu mişcare proprie se face prin intersecţia feţei de aşezare cu un plan de profilare corespunzător profilului tehnologic de măsurare.

În general, pentru aceste scule aşchietoare, profilul tehnologic este acelaşi cu cel de măsurare şi se determină într-un plan axial de ecuaţie $\varphi=0$ sau $z=0$. Rezultă următoarele linii de profil:

-pentru cazul *detalonării radiale*

$$x_{pr} = x_m;\ y_{pr} = r_m - p_\alpha\ \varphi_m \tag{1.34}$$

-pentru cazul *detalonării frontale* (*axiale*)

$$x_{pr} = x_m + p_\alpha\ \varphi_m\ /\ (2\ \pi);\ y_{pr} = r_m \tag{1.35}$$

-pentru cazul *detalonării oblice*

$$x_{pr} = x_m - p_\alpha\ \varphi_m\ /\ (2\ \pi);\ y_{pr} = r_m - (p_\alpha\ tg\ \tau)\ /\ (2\ \pi) \tag{1.36}$$

În felul acesta scula aşchietoare cu mişcare proprie este determinată.

1.2.4. Metoda analitică generală de determinare a profilului sculelor pentru generare prin rulare

Generarea prin rulare fără alunecare este folosită la prelucrarea unor suprafeţe cu grad mare de repetabilitate pe piesă cum sunt roţile dinţate de toate felurile (evolventice, cicloidale, cu profil rectiliniu ş.a.), arborii canelaţi, butucii canelaţi, şuruburi de mişcare ş.a. Devine economică în cazul producţiilor de serie mare şi de masă. Spre deosebire de alte moduri de generare, prelucrarea prin rulare are câteva avantaje: calitate dimensională şi a suprafeţei superioare celorlalte, productivitate sporită. Dintre dezavantaje trebuie remarcate: costul ridicat al sculei aşchietoare, necesitatea unei maşini specializate şi nu universale.

În funcţie de forma, dimensiunile şi poziţia suprafeţei de prelucrat, generarea prin rulare este folosită în următoarele procedee de prelucrare: frezarea cu freza-melc, mortezarea, rabotarea, strunjirea şi rectificarea cu discul abraziv.

La proiectarea sculelor aşchietoare care prelucrează prin rulare fără alunecare sunt de rezolvat următoarele probleme: stabilirea procedeului de prelucrare prin aşchiere, determinarea profilului şi alegerea elementelor constructive ale sculei aşchietoare.

Este de făcut observaţia că danturarea roţilor cilindrice sau conice cu profil evolventic intră ca un caz particular în categoria generală a prelucrărilor prin rulare.

a. Alegerea procedeului de prelucrare se face ţinând seama de forma, dimensiunile şi poziţia suprafeţelor de prelucrat. Se fac următoarele recomandări:

-în cazul arborilor canelaţi lungi, a roţilor dinţate cu profil elicoidal, rectiliniu sau arc de cerc este avantajoasă prelucrarea cu freza-melc;

-în cazul arborilor canelaţi scurţi, cu guler, sau în cazul unor suprafeţe interioare se recomandă prelucrarea prin mortezare cu un cuţit roată;

-în cazul şuruburilor de mişcare generarea se face prin strunjire cu un cuţit roată.

Danturarea prin rulare a roţilor cu profil evolventic constituie un capitol separat în cadrul general al sculelor aşchietoare. De aceea, în cele ce urmează se vor face referiri numai la generarea prin rulare a profilelor neevolventice.

b. Profilul sculei aşchietoare se determină ţinând seama că generarea are loc prin rulare fără alunecare.

Se pune următoarea problemă de rezolvat: cunoscându-se profilul (generatoarea) suprafeţei de prelucrat să se determine *profilul funcţional* al sculei aşchietoare ca profil conjugat celui al piesei. Prin urmare, generatoarea piesei şi profilul funcţional al sculei aşchietoare vor fi *curbe conjugate*. La determinarea profilului conjugat se va ţine seama de legile rulării fără alunecare şi de legile angrenării.

Pentru rezolvarea problemei trebuie să se stabilească (impună) mişcările de generare, apartenenţa acestora la cele două elemente ale mecanismului rulării (baza şi rulanta), precum şi caracteristicile de formă şi funcţionale ale sculei aşchietoare.

După determinarea *profilului funcţional*, pentru execuţia şi controlul sculei aşchietoare trebuie determinate şi celelalte două linii de profil: *tehnologic şi de măsurare*.

Din punct de vedere teoretic, generarea prin rulare are la bază teoria curbelor conjugate: generatoarea piesei rezultă ca o curbă înfăşurătoare a profilului funcţional al sculei aşchietoare.

Determinarea profilului funcţional se poate face pe cale grafică şi pe cale analitică. *Metoda grafică* este expeditivă, mai puţin precisă decât cea analitică şi, de multe ori, este folosită pentru verificarea calitativă a celei analitice. Ea nu va face obiectul acestui capitol. Va fi indicată la capitolul de proiectare a sculelor care prelucrează prin rulare profile neevolventice.

În continuare se va indica o *metodă analitică* generală de determinare a profilului funcţional al unei scule aşchietoare care generează prin rulare fără alunecare.

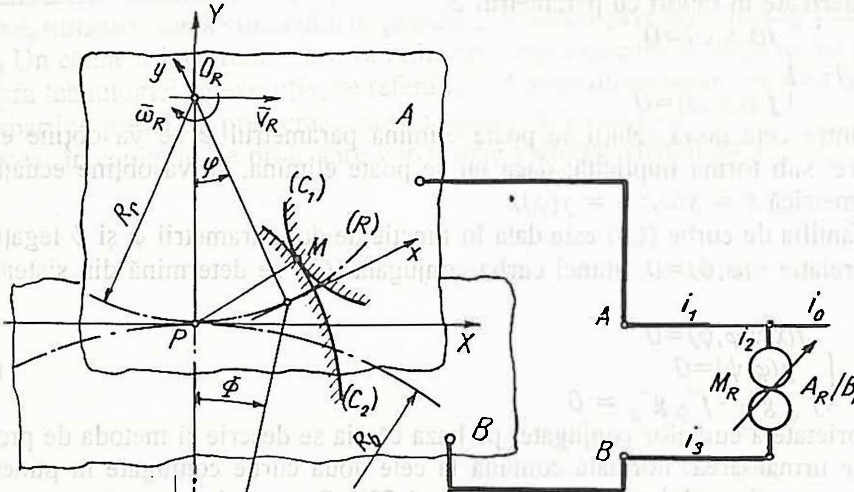


Fig. 1.22

Principial şi în general, generarea prin rulare pe maşini-unelte rezultă din figura 1.22. Mecanismul rulării este format din baza (*B*) şi *rulanta* (*R*), ambele curbe plane.

Solidar cu scula aşchietoare este planul rulantei (*PR*), plan ce conţine rulanta (*R*) de

care este fixată curba (C_1). Solidar cu piesa este planul bazei (PB), plan ce conţine curba de baza (B). În procesul de rulare fără alunecare a rulantei (R) peste baza (B), curba (C_1) descrie în planul (PB) al bazei curba (C_2) ca o curbă conjugată a curbei (C_1). Curba plană (C_1) este chiar muchia aparentă a sculei (ca proiecţie a muchiei reale pe planul (PR) al bazei), iar curba (C_2) este *profilul tehnologic* al suprafeţei de prelucrat. Curba (C_2) se mai numeşte şi *ruleta* familiei de curbe (C_1).

Pentru generare sunt necesare următoarele mişcări: o mişcare de rotaţie de viteză unghiulară ω_R şi o mişcare rectilinie de viteză v_R. Între cele două viteze există relaţia de legătură a rulării fără alunecare $v_R = R_r\ \omega_R$.

Aceste mişcări sunt realizate de lanţul cinematic de rulare schematizat reprezentat în figura 1.22.

Baza (B) şi rulanta (R), corespunzător traiectoriilor simple furnizate de mecanismele maşinii-unelte şi procedeului de generare, pot fi cercuri sau segmente de dreaptă. De aceea, se întâlnesc următoarele cazuri de rulare: cerc pe cerc (ca în fig. 1.22), cerc pe dreaptă, dreaptă pe cerc şi dreaptă pe dreaptă (caz foarte rar întâlnit cum apare la prelucrarea cu freza-melc a cremalierelor).

Pentru descrierea matematică şi corespunzător calităţii de sculă aşchietoare şi piesă s-au ataşat celor două elemente ale mecanismului rulării: sistemul de referinţă constructiv xOy pentru rulanta sculă şi sistemul de referinţă cinematic XPY pentru baza-piesă.

Ecuaţia familiei de curbe (C_1), care apare la rularea fără alunecare a rulantei (R) peste baza (B), este dată de ecuaţia unei singure curbe şi de parametrul φ (fig. 1.22) şi va avea ecuaţia $f(x,y,\varphi)=0$.

Ecuaţia curbei înfăşurătoare (C_2), deci a ruletei, se obţine dacă i se alătură ecuaţiei familiei şi derivate în raport cu parametrul φ.

$$(C_1)\quad \begin{cases} f(x,y,\varphi)=0 \\ f'(x,y,\varphi)=0 \end{cases} \tag{1.37}$$

Dacă între cele două relaţii se poate elimina parametrul φ se va obţine ecuaţia înfăşurătoarei sub forma implicită; daca nu se poate elimina, se va obţine ecuaţia sub formă parametrică $x = x(\varphi)$; $y = y(\varphi)$.

Dacă familia de curbe (C_1) este dată în funcţie de doi parametrii φ şi ψ legaţi între ei printr-o relaţie $g(\varphi,\psi)=0$, atunci curba conjugată (C_2) se determină din sistemul de ecuaţii

$$(C_1)\quad \begin{cases} f(x,y,\varphi,\psi)=0 \\ g(\varphi,\psi)=0 \\ f'_{\varphi}\, g'_{\psi} - f'_{\psi}\, g'_{\varphi} = 0 \end{cases} \tag{1.38}$$

O proprietate a curbelor conjugate, pe baza căreia se descrie şi metoda de profilare grafică, este următoarea: normala comună la cele două curbe conjugate în punctul de contact M trece prin polul angrenării P (fig. 1.22). Punctul de contact momentan M (numit şi *punct caracteristic*) aparţine ambelor profile (C_1) şi (C_2), coordonatele sale trebuind să verifice ecuaţia ruletei (C_2). Prin urmare, coordonatele momentane ale punctului caracteristic M constituie ecuaţiile parametrice ale ruletei (C_2). Din acest motiv, în multe cazuri, este convenabil de a determina ecuaţia ruletei prin determinarea coordonatelor momentane ale punctului caracteristic M, decât folosind ecuaţiile curbei înfăşurătoare (1.37) sau (1.38). Pentru aceasta se foloseşte proprietatea remarcată mai sus: normala comună trece prin polul angrenării (centrul instantaneu de rotaţie).

Pentru proiectarea sculei aşchietoare se pune următoarea problemă: cunoscută fiind curba (C_2), ce aparţine piesei, să se determine curba (C_1), ce aparţine sculei, ca profil conjugat primeia şi care va constitui profilul funcţional al sculei aşchietoare.

În încheiere la aceste aspecte generale privind profilarea sculelor care generează prin rulare trebuie făcute următoarele observaţii:

- fenomenul generării prin rulare fără alunecare este reversibil: oricând scula aşchietoare poate lua locul piesei şi invers, adică baza se poate transforma în rulantă şi invers;
- la generarea pe maşini-unelte baza şi rulanta sunt arce de cerc sau segmente de dreaptă;
- mişcările de rulare v_R şi ω_R pot aparţine total sau parţial rulantei, respectiv bazei (corespunzător, generarea poate fi cu dreaptă fixă sau cu dreaptă mobilă).

Mai trebuie remarcat, legat de influenţa procesului de generare asupra stabilirii mecanismului de rulare, următoarele:

- în cazul prelucrării cu freză-melc, sau cu discul abraziv, sau cu cuţitul-pieptene rulanta (R) este o linie dreaptă ce corespunde liniei de rulare (divizare) a "cremalierei de referinţă" a pieptenului frezei-melc;
- în cazul prelucrării cu cuţitul-roată, rulanta (R) este un cerc ce corespunde cercului de rulare (sau divizare) al sculei aşchietoare.

Aplicaţii ale metodei generale prezentate mai sus vor fi expuse în capitolul referitor la sculele care prelucrează prin rulare profile neevolventice.

c. Elementele constructive ale sculei aşchietoare se aleg în funcţie de tipul ei şi de procedeul de prelucrare. În categoria elementelor constructive se aleg sau se determină următoarele: dimensiunile părţii active, ale corpului, geometria constructivă a părţii active, dimensionarea sistemului de prindere, elemente privind tehnologia de execuţie ş.a.

Un element important, care va influenţa asupra calculelor de proiectare şi în special asupra tehnologiei de execuţie, se referă la stabilirea dimensiunii cercului de bază, curbă ce aparţine piesei de prelucrat (care în majoritatea cazurilor este cercul). Despre toate acestea, în capitolul de proiectare vor fi date indicaţii amănunţite (v. cap.10).

2

MATERIALE PENTRU SCULE AŞCHIETOARE

2.1. CONDIŢII GENERALE IMPUSE

Materialul oricărei scule aşchietoare constituie unul dintre factorii esenţiali care conferă sculei o anumită capacitate de aşchiere.

Corpul şi partea de prindere a sculelor trebuie să asigure o bună rezistenţă mecanică în condiţii de solicitări dinamice, o bună preluare şi amortizare a vibraţiilor, ca şi o bună conductivitate termică.

Zonele active ale sculelor trebuie să fie caracterizate de rezistenţă mecanică, duritate, tenacitate şi refractaritate, ca şi conductivitate termică, rezistenţă la şocuri termice şi căldură specifică de valori cât mai mari, precum şi o mare stabilitate la cald.

Pentru precizia prelucrării prin aşchiere este de asemenea important ca valorile coeficienţilor de dilatare termică ai materialelor sculelor, ca şi valorile coeficienţilor de frecare în cuplu cu materialul aşchiat să fie cât mai mici.

În cazul sculelor executate din mai multe materiale corpul se execută din oţel carbon de calitate, din oţel carbon de scule sau din oţel aliat de construcţie (de ex. OLC 45, OLC 50, OLC 60 STAS 880-80 sau de ex. 40Cr10 STAS 791-88) iar zona aşchietoare se execută din plăcute metalice sau nemetalice, fixate mecanic sau prin lipire tare.

Pentru creşterea eficienţei evacuării căldurii din zona aşchietoare a sculei, se folosesc fie "filoane" termoconductoare din materiale cu conductivitate termică mărită, înglobate în plăcuţe sau în corpul sculei, fie dispersii fine ale acestor metale în masa sculei, cu care formează precipitate submicroscopice.

Căldura neevacuată din zona activă conduce la creşterea temperaturii acesteia şi implicit la pierderea stabilităţii proprietăţilor mecanice. Cu cât termostabilitatea, respectiv refractaritatea materialului sculei este mai mare, cu atât aceasta poate lucra la viteze, avansuri şi adâncimi de aşchiere mai mari.

În figura 2.1. se prezintă variaţia durităţii unor categorii de oţeluri şi a carburilor metalice, în funcţie de temperatură.

În tabelul 2.1. se prezintă orientativ câteva proprietăţi fizice ale unor materiale utilizate în construcţia sculelor aşchietoare obişnuite.

Tabelul 2.1

Compararea proprietăţilor principale ale materialelor utilizate în construcţia sculelor aşchietoare

Materialul	Densitatea g/cm^3	Căldura specifică $cal/g \cdot {}^\circ K$	Conductivitatea termică $cal/cm \cdot s \cdot {}^\circ K$	Temperatura limită a stabilităţii proprietăţilor mecanice °C	Limita de rupere la compresiune $MPa \cdot 10^3$	Limita de rupere la încovoiere $MPa \cdot 10^3$	Duritatea	Micro-duritatea max.
0	1	2	3	4	5	6	7	8
Oţel carbon călit	7.8 ... 7.9	0.11 ... 0.12	0.14 ... 0.16	200	0.5 ... 3.6	2 ... 3.5	30 ... 62 HRC	
Oţel aliat călit	7.8 ... 8.2	0.11 ... 0.12	0.08 ... 0.14	400	3.5 ... 4	3 ... 3.6	54 ... 63 HRC	
Oţel rapid călit	8.2 ... 8.4	0.09 ... 0.12	0.05 ... 0.06	600	3.5 ... 4	3.6 ... 3.7	61 ... 63 HRC	1300 1800
Carburi metalice sinterizate	10.6 ... 14.8	0.04 ... 0.06	0.06 ... 0.2	900	3 ... 5	1 ... 1.4	88 ... 91 HRC K20 2400 kg/mm^2- Knoop	1200 3000
Materiale mineralo-ceramice	3.7 ... 4	0.2 ... 0.3	0.004 ... 0.005	1000 ... 1200	1.2 ... 2	0.3 ... 0.35	2400 kg/mm^2 Knoop	1200 2900
Diamant natural, sintetic	3.45 ... 3.6	0.11 ... 0.12	0.34 ... 0.35	700 ... 900	0.2 ... 2		8000...8500 kg/mm^2 Knoop	8000 10000
Nitrura cubică de bor	3.35 ... 3.45			1300 ... 1400	1.5 ... 2		3500 kg/mm^2 Knoop	8000 10000

2.2. MATERIALE UTILIZATE ÎN CONSTRUCŢIA SCULELOR AŞCHIETOARE

2.2.1. Oţeluri de construcţie

Piesele cel mai puţin solicitate se execută din oţel de uz general pentru construcţii (STAS 500-80) sau din oţeluri carbon de calitate pentru tratament termic, destinate construcţiilor de maşini (STAS 880-80). Piesele importante ale sculelor compuse se proiectează din oţeluri aliate pentru tratament termic, destinate construcţiilor de maşini (STAS 791-88), şi chiar din oţeluri de scule.

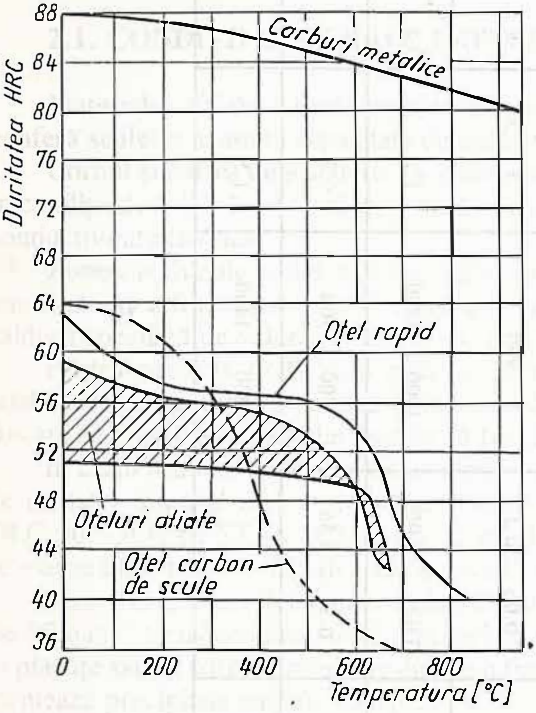


Fig. 2.1

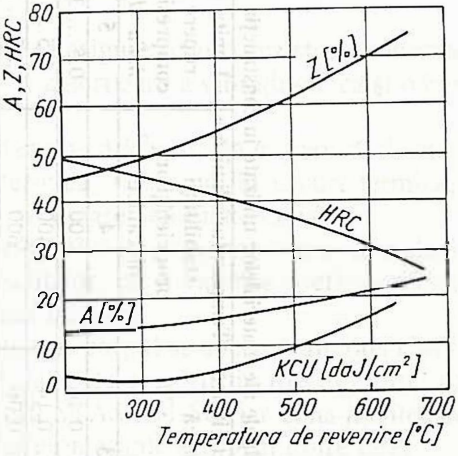


Fig. 2.2

2.2.1.1. Oţelurile carbon obişnuite (STAS 500-80) au garantată şi precizată în marcă rezistenţa minimă la tracţiune, exprimată în daN/mm^2, existând mărcile OL 30, OL 34, OL 37, OL 42, OL 44, OL 50, OL 52, OL 60, OL 70.

În afară de rezistenţa la tracţiune, conform standardului se pot garanta şi proprietăţi suplimentare, cum sunt: alungirea specifică la rupere, rezilienţa (la anumite temperaturi) şi altele.

În acest caz, simbolul mărcii se completează în continuare cu litere minuscule şi cifre, de exemplu OL 50.1.b. Semnificaţia garanţiilor suplimentare acordate pentru fiecare grupaj este prezentată explicit în standard.

2.2.1.2. Oţelurile carbon de calitate pentru tratament termic destinate construcţiilor de maşini (STAS 880-80) oferă proprietăţi bune de rezistenţă, tenacitate

şi duritate, fiind folosite mai ales în stare îmbunătăţită. Ele sunt suficient de ieftine în comparaţie cu oţelurile aliate folosite în construcţia sculelor, dar prezintă dezavantajul unei călibilităţi scăzute. În cazul sculelor de dimensiuni mari, rezultă neomogenităţi structurale implicând importante tensiuni interne şi pericolul deformaţiilor remanente şi chiar al fisurării. Cele mai folosite mărci sunt OLC 45, OLC 50, OLC 55, OLC 60.

Limitarea conţinutului de fosfor, la valori maxime de 0,035...0,045%, conduce la creşterea proprietăţilor mecanice şi la diminuarea fragilităţii la rece, iar limitarea celui de sulf la valori de până la 0,02...0,04 conduce la eliminarea fragilităţii la temperaturi de peste 600°C.

Indicaţii referitoare la utilizarea oţelurilor carbon de calitate în componenţa unor elemente ale sculelor complexe, sunt date în tabelul 2.2.

În tabelele 2.3, *a* şi *b* se prezintă comparativ principalele proprietăţi mecanice ale unor oţeluri carbon de calitate pentru tratament termic destinate construcţiilor de maşini, folosibile la construcţia unor elemente ale sculelor aşchietoare complexe şi compararea rezistenţelor acestor oţeluri cu cele ale altor tipuri de oţel.

Tabelul 2.2

Indicaţii de utilizare pentru oţeluri carbon de calitate

Tipuri	Marca	Domenii de utilizare
Oţeluri de cementare	OLC 10 (OLC 08)	Piese cementate, având miezul cu rezistenţa mică, de exemplu: şaibe, tije, pene de ghidare, discuri, eclise, bucşe de reazem sau de ghidare.
	OLC 15	Piese cementate, având miezul cu rezistenţa mică, de exemplu: bolţuri, pârghii, pene de ghidare, bucşe de reazem sau de ghidare.
	OLC 20	Piese cementate cu rezistenţa redusă în miez, de exemplu: bolţuri, şaibe, bucşe.
Oţeluri de îmbunătăţire	OLC 35 (OLC 40)	Piese mediu solicitate, călite si revenite după p. lucrările mecanice, pentru obţinerea unor rezistenţe mecanice de rupere *Rm* = 630..800 MPa, sau normalizate pentru obţinerea unor rezistenţe mecanice de rupere de minimum 530, respectiv 570 MPa, spre exemplu: excentrici, tije, roţi, bucşe, axe, buloane, bolţuri.
	OLC 45 OLC 50	Piese tratate termic îmbunătăţite sau normalizate, având impuse *Rm* = 700...900 MPa, respectiv minimum 610...640 MPa şi totodată tenacitate medie, spre exemplu: axe, cozi de scule aşchietoare, corpuri de cuţite, bare de alezat sau strunjit, pene de ghidare sau de transmitere de torsiune, flanşe, roţi dinţate, bandaje, melci şi şuruburi de reglare.
	OLC 60	Piese tratate termic de rezistenţă ridicată şi elasticitate mare, fără a avea impuse condiţii de tenacitate mare sau medie, spre exemplu: excentrice, bucşe elastice, roţi dinţate de reglare.

În figura 2.2. se prezintă diagramele de variaţie a principalelor proprietăţi mecanice ale oţelului OLC 45 în funcţie de temperatura de revenire. În figură s-au folosit următoarele notaţii: *A*-alungirea la rupere, *Z*-gâtuirea la rupere, *HRC*-duritatea HRC, *KCU*-rezilienţa. În figura 2.3 se prezintă variaţia limitei de rupere *Rm*, a limitei de curgere convenţionale $R_{p0,2}$ şi a alungirii specifice *A5*, pentru oţelurile OLC 35, OLC 45, OLC 50, OLC 55 şi OLC 60.

Tabelul 2.3,a

Proprietăţi fizico-mecanice ale oţelurilor carbon de calitate

Marca oţelului	Diametrul probei de tratament termic	Felul tratamentului termic	Limita de curgere *(Rp) 0.2* N/mm^2	Rezistenţa de rupere *(Rm)* N/mm^2	Alungirea la rupere *(A) 5% min*	Gâtuirea la rupere *(Z) % min*	Energia la rupere *(J) min*	Duritate Brinell în stare de livrare: Normalizat (HB max)	Duritate Brinell în stare de livrare: Recopt (HB max)
OLC 8	-	N	196	min 324	33	60	-	179	131
OLC 10	-	N	206	min 321	31	55	-	187	143
OLC 15	-	N	225	min 373	27	55	-	197	149
OLC 20	-	N	250	min 410	25	-	-	-	156
	16	CR	350	550…700	20	40	-		
OLC 20 X						50	55		
OLC 20 XS						50	55		
OLC 25	-	N	270	min 450	24	-	-	180	165
	16	CR	370	550…700	19	40	-		
OLC 25 X						45	50		
OLC 25 XS						45	50		
	-	N	290	min 490	21	-	-	-	170
OLC 30	16	CR	400	600…750	18	35	-		
OLC 30 X						40	45		
OLC 30 XS						40	45		
	-	N	310	min 530	21	-	-	200	185
OLC 35	16	CR	430	630…780	17	35	-		
OLC 35 X						40	40		
OLC 35 XS						40	40		
	-	N	320	min 570	19	-	-	-	197
	16	CR	460	650…800	16	30	-		
OLC 40 X						35	35		
OLC 40 XS						35	35		
	-	N	360	min 610	18	-	-	235	207
OLC 45	16	CR	500	700…850	14	30	-		
OLC 45 X						35	30		
OLC 45 XS						35	30		
	-	N	370	min 640	16	-	-	255	217
OLC 50	16	CR	520	750…900	13	25			
OLC 50 X						30			
OLC 50 XS						30			
	-	N	390	min 670	14	-	-	255	229
OLC 55	16	CR	550	800…950	12	25	-		
OLC 55 X						30	-		
OLC 55 XS						30	-		
	-	N	400	min 700	14	-	-	255	241
OLC 60	16	CR	580	850…1000	14	20	-		
OLC 60 X						25	-		
OLC 60 XS						25	-		

N = normalizat; CR = călit - revenit.

Tabelul 2.3,b

Compararea oţelurilor carbon şi aliate de construcţie după rezistenţa de rupere *Rm* şi limita de curgere $Rp_{0,2}$

Nr. crt.	Diametrul (grosimea) [mm] <16	17-40	41-100	101-160 (230)	Rm daN/mm²	$Rp_{0,2}$ daN/mm²
1	OL60 OL70 OLC45(N) OLC10(CR) OLC25(CR)	OLC50(N) OLC15(CR) OLC45(CR)	OLC55(N) OLC20(CR) OLC45(CR)	OLC60(N) OLC50(CR)	>50	>30
2	OLC60(N) OLC15(CR) OLC35(CR) 15Cr08	OLC20(CR) OLC45(CR) 35Mn16 ;	OLC55(CR) 40Mn10 ;	OLC60(CR) 33MoCr11	>60	>40
3	OLC20(CR) OLC55(CR) 35Mn16	18MnCr10	40Cr10; 35MnSi12; 33(41)MoCr11		>70	>50
4	18MnCr10	35MnSi12 40Cr10 33MoCr11 13CrNi30	40BCr10 21MoMnCr12 18MoCrNi13 38MoCrA109	50VMnCr11	>80	>60
5	40BCr10 35MnSi12 13CrNi30	21MoMnCr12 18MoCrNi13 38MoCrA109	41MoCr10 50VMnCr11 21TiMnCr12	34MoCrNi15	>90	>70
6	40Cr10 33MoCR11 38MoCrA109	41MoCr11 50VMnCr11 21TiMnCr12	34MoCrNi15	30MoCrNi20	>100	>80
7	41MoCr11 50VMnCr11 21MoMnCr12 21TiMnCr12	34MoCrNi15	28TiMnCr12 30MoCrNi20		>110	>90
8	28TiMnCr12 34MoCrNi15	30MoCrNi120			>120	>100

2.2.1.3. Oţelurile aliate pentru tratament termic destinate construcţiilor de maşini (STAS 791-88) au proprietăţile superioare faţă de categoria oţelurilor carbon: călibilitate şi rezistenţă mecanică, micşorarea tensiunilor interne, a deformaţiilor termice remanente şi a fragilităţii, creşterea refractarităţii şi a stabilităţii la temperaturi mari.

Influenţa particulară a diferitelor elemente de aliere asupra acestor proprietăţi este calitativ următoarea:

- *Cromul*: măreşte călibilitatea, duritatea, rezistenţa la coroziune, refractaritatea şi rezistenţa la uzare, scade tenacitatea şi rezilienţa.
- *Nichelul*: măreşte uşor călibilitatea, rezistenţa la întindere, limita de elasticitate, menţinând constante alungirea specifică şi rezilienţa, chiar şi la temperaturi scăzute, creşte rezistenţa la coroziune şi refractaritatea, austenitizează oţelul aliat cu crom.
- *Manganul*: măreşte călibilitatea, duritatea şi rezistenţa la rupere, ca şi rezistenţa la uzare.
- *Siliciul*: măreşte rezistenţa mecanică, rezistenţa la coroziune, micşorează contracţiile termice şi tensiunile interne, măreşte rezistenţa la uzare, favorizând scăderea coeficientului de frecare.
- *Molibdenul*: măreşte călibilitatea, rezistenţa mecanică, refractaritatea şi rezistenţa la coroziune, micşorează fragilitatea la călire şi revenire.
- *Vanadiul*: măreşte călibilitatea, rezistenţa la rupere, rezilienţa şi duritatea la temperaturi obişnuite şi înalte.

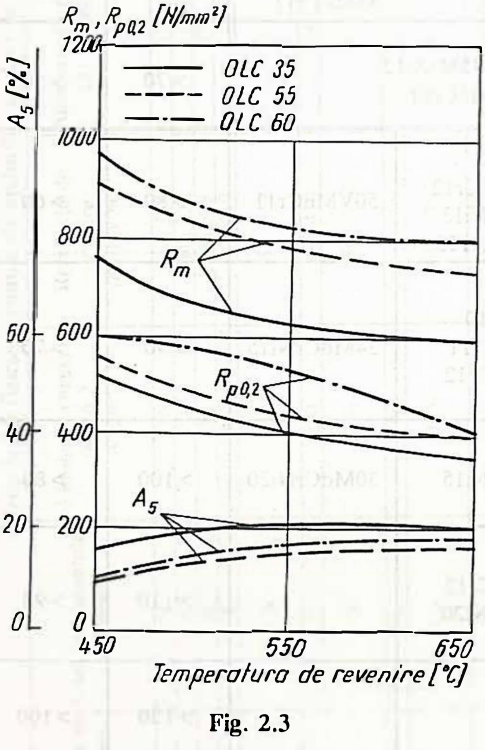


Fig. 2.3

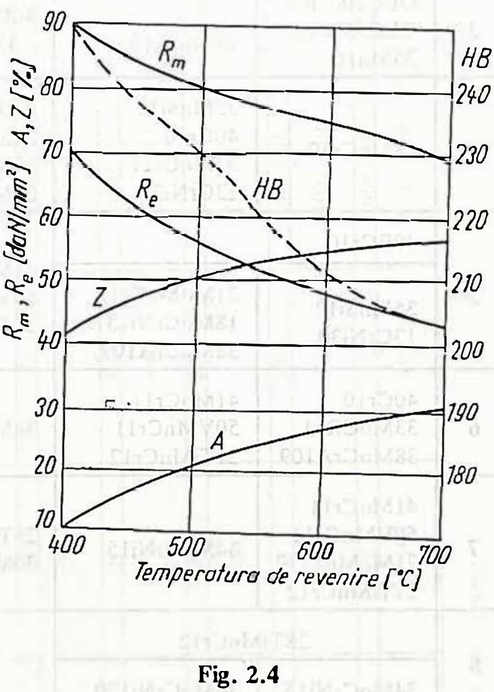


Fig. 2.4

De regulă, în construcţia unor elemente de scule se folosesc oţeluri aliate de îmbunătăţire, călite şi revenite, sau oţeluri de cementare, proprietăţile lor mecanice depinzând de compoziţia chimică şi de temperatura de revenire.

În tabelul 2.4 se prezintă rezistenţele la rupere ale unor oţeluri aliate de construcţie, utilizabile la fabricaţia corpului şi a unor elemente de asamblare ale sculelor aşchietoare, iar în figura 2.4 se prezintă proprietăţile mecanice ale oţelului 41CrNi12, în funcţie de

temperatura de revenire.

Cel mai des, oţelurile aliate de construcţie sunt utilizate la realizarea corpurilor de: burghie, freze, lărgitoare, alezoare, pânze de ferăstrău circular, cuţite de rabotat dantura roţilor dinţate conice, prevăzute cu tăişuri din oţel rapid.

De asemenea sunt indicate la realizarea dinţilor aplicaţi ai şeverelor şi cozilor de broşe pentru finisat butuci canelaţi cu profil dreptunghiular şi profil evolventic.

Oţelurile de construcţie aliate se folosesc în prezent la realizarea corpurilor tuturor sculelor prevăzute cu tăişuri din carburi metalice.

Pentru alezoarele dotate cu partea activă realizată din plăcute din carburi metalice sinterizate se impune ca rezistenţa mecanică a corpului să aibă valoarea $R_m \geq 700\ MPa$; pentru pânzele de ferăstrău circular destinat debitării metalelor rezistenţa mecanică a corpului trebuie să depăşească valoarea de *800 MPa*, pentru lărgitoare această limită se impune la $R_m \geq 1000\ MPa$, iar la burghie se impune la $R_m \geq 1400\ MPa$.

Tabelul 2.4

Dependenţa rezistenţei oţelurilor supuse îmbunătăţirii de dimensiunile piesei

Rezistenţa la rupere N/mm^2 *min*	**Dimensiuni** [*mm*]				
	≤16	>16..≤40	>40..≤100	>100...<160	>160..≤250
640	35MnSi13	26MoCr11	40Cr10	34MoCr11	42MoCr11
	-	-	40BCr10	-	51VMnCr11
800	26MoCr11	40Cr10	34MoCr11	42MoCr11	34MoCrNi16
	-	40BCr10	-	51VMnCr11	-
880	40Cr10	34MoCr11	42MoCr11	34MoCrNi16	30MoCrNi20
	40BCr10	-	51VMnCr1	-	-
980	34MoCr11	42MoCr11	34MoCrNi16	30MoCrNi20	-
	-	51VMnCr1	-	-	-
1080	42MoCr11	34MoCrNi16	30MoCrNi20	-	-
	51VMnCr1	-	-	-	-
1180	34MoCrNi16	30MoCrNi20	-	-	-
1230	30MoCrNi20	-	-	-	-

Oţelurile aliate de construcţie sunt utilizabile de asemenea în realizarea părţilor de prindere ale sculelor cu tăişuri din carburi metalice sau din alte materiale aşchietoare.

În aceste cazuri se impune de cele mai multe ori ca rezistenţa mecanică la întindere să fie de cel puţin 600 MPa, condiţie satisfăcută de marea majoritate a oţelurilor aliate de îmbunătăţire.

În figura 2.5 se prezintă variaţia proprietăţilor mecanice ale unor oţeluri aliate de construcţie folosibile la elementele auxiliare ale sculelor aşchietoare.

În figura 2.6 se indică variaţia durităţii în profunzime a oţelului aliat 40Cr10.

2.2.2. Oţeluri pentru scule

Spre deosebire de oţelurile de construcţie, cele din această categorie se folosesc şi pentru realizarea părţii active, având o călibilitate mai mare şi proprietăţi mecanice superioare.

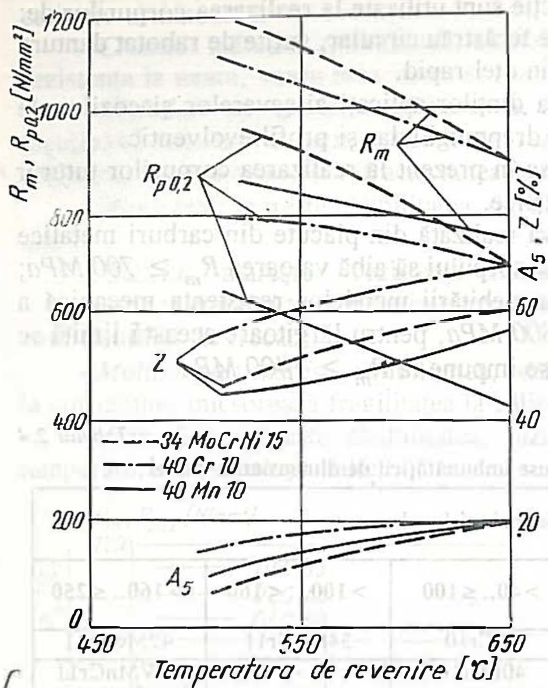


Fig. 2.5

2.2.2.1. Oţeluri carbon pentru scule (STAS 1700-80) se fabrică în mărcile prezenţate în tabelul 2.5, în care se precizează tipul sculelor aşchietoare la care fiecare marcă este recomandată.

Corespondenţa mărcilor de oţeluri carbon de scule româneşti cu mărci de oţel fabricate în unele ţări este cuprinsă în tabelul 2.6.

În tabelul 2.7 se prezintă dependenţa durităţii de tratamentele termice aplicate oţelurilor carbon de scule, iar în figura 2.7 se prezintă variaţia durităţii lor în funcţie de temperatura de revenire, comparativ cu variaţia similară a oţelului OLC 45.

Oţelurile carbon de scule prezintă şi avantajele unor durităţi mari la călire şi revenire, unor preţuri avantajoase, unei aşchiabilităţi foarte bune a materialului în stare recoaptă (deoarece duritatea este de max. 217 HB) şi unei prelucrabilităţi prin deformare plastică bune, ceea ce contribuie la folosirea lor pe scară largă.

2.2.2.2. Oţeluri aliate pentru scule (STAS 3611-88) Spre deosebire de oţelurile de construcţie, oţelurile aliate pentru scule aşchietoare au conţinut de carbon mai mare (de regulă între 0,9 şi 1,4%) şi elemente de aliere care măresc călibilitatea (*W, V, Mo, Cr, Mn, Co*), conducând la formarea în procesul de călire a unor carburi ale acestor metale, dure şi stabile la temperaturi cu atât mai mari cu cât elementele de aliere sunt mai active şi în cantitate mai mare.

Pentru recunoaşterea imediată, în tabelul 2.9 s-au indicat în paranteză şi simbolizările vechi (utilizate până în 1980).

Reperele realizate din aceste categorii de oţeluri se călesc în profunzime şi au o stabilitate dimensională mare.

Oţelurile aliate de scule conţin de regulă elemente de aliere deficitare şi scumpe, ceea ce face ca preţul acestor oţeluri să fie mai mare decât al oţelurilor carbon pentru scule, cu atât mai mult cu cât cantitatea de elemente de aliere este mai mare şi cu cât obţinerea oţelurilor respective este mai dificilă, în special din cauza temperaturilor mari de topire şi de prelucrare la cald.

Conţinutul de impurităţi (*S* şi *P*) în această categorie de oţeluri este limitat la maximum 0,03% din fiecare, iar în unele cazuri se ajunge până sub 0,02%, ceea ce garantează o mare tenacitate, pe lângă rezistenţe mecanice şi durităţi ridicate.

În tabelul 2.8 se prezintă unele mărci de oţeluri aliate pentru scule şi utilizările lor principale, în domeniul sculelor aşchietoare.

În tabelul 2.9 se prezintă dependenţa durităţii oţelurilor aliate pentru scule, de tratamentul termic aplicat.

În tabelul 2.10 se indică informativ echivalenţele unor mărci de oţeluri aliate de scule româneşti, cu mărci produse de firme străine, conform standardelor recunoscute în ţările respective.

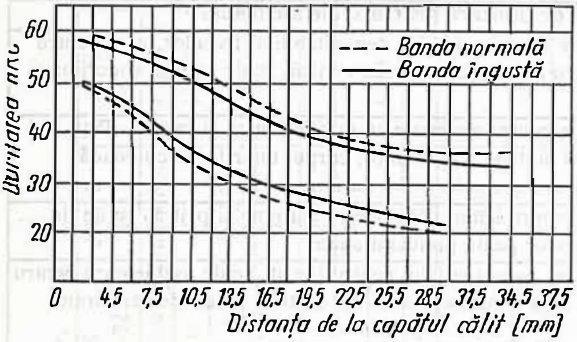


Fig. 2.6

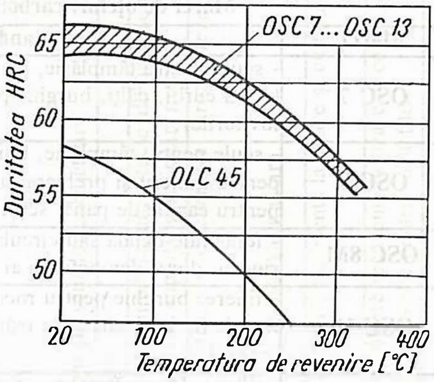


Fig. 2.7

În obţinerea unor calităţi superioare de scule este esenţială prescrirea unor tratamente termice şi eventual termochimice adecvate materialului fiecărei scule, în raport cu proprietăţile mecanice care trebuie asigurate fiecărei zone a sculei aşchietoare. Partea activă, trebuie să aibă durităţi şi refractarităţi cât mai mari, care să asigure o uzare cât mai lentă şi o bună tenacitate în scopul preluării şocurilor şi sarcinilor variabile caracteristice fenomenelor de aşchiere. Corpul sculei trebuie să aibă asigurată o duritate ceva mai mică, diminuată în favoarea creşterii tenacităţii, iar partea de prindere a sculelor are impuse durităţi şi mai mici, în vederea protejării dispozitivelor de prindere.

În vederea realizării acestor deziderate, în cazul sculelor dintr-o bucată fabricate din oţel aliat, tratamentul termic cuprinde următoarea succesiune de operaţii: încălzirea şi călirea globală, a întregii scule, urmată de reîncălzire pentru revenirea (parţială) a zonei de prindere a sculei, cu menţinerea la temperatură controlată, în baie de săruri; apoi se impune răcirea în aer, astfel încât în zona cozii să se obţină o duritate medie, în jurul valorilor de 30 ... 40 HRC, urmând călirea finală, zonală, a părţii aşchietoare, cu încălzirea la temperatura corespunzătoare durităţii şi tenacităţii necesare zonei active a sculei.

Efecte similare se pot obţine şi prin călirea întregii scule la parametrii corespunzători obţinerii durităţii dorite a zonei active, urmând o reîncălzire zonală a corpului şi a cozii, diferenţiat, prin inducţie cu curent de înaltă frecvenţă, la temperaturile de revenire care să asigure structura şi durităţile corespunzătoare acestor zone.

În cazul sculelor realizate în construcţie sudată, cu corpul din oţel aliat pentru scule şi coada din oţel carbon de calitate, de exemplu cuplul de materiale 40Cr10 şi OLC 45 îmbinate prin sudare electrică prin rezistenţă cap la cap, sau, mai modern, prin frecare, este necesar a se efectua iniţial o recoacere de recristalizare şi omogenizare a grăunţilor

în zona influenţată termic, în care există o structură de supraîncălzire, fragilă (ca urmare a procesului de sudare). Totodată aceasta realizează şi înmuierea materialului în zona sudurii (răcit relativ rapid ca urmare a conducţiei căldurii în celelalte zone, mai îndepărtate faţă de îmbinare) facilitând debavurarea prin aşchiere a zonei sudate.

Tabelul 2.5

Mărci de oţeluri carbon de scule şi recomandări de utilizare

Mărci	Recomandări de utilizare pentru scule aşchietoare
OSC 7	- scule pentru tâmplărie, pene de fixare a dinţilor demontabili ai frezelor, cozi pentru tarozi curbi, dălţi, burghie pentru materiale cu duritate mică, scule supuse şocurilor şi loviturilor.
OSC 8	- scule pentru tâmplărie, burghie pentru materiale cu duritate mică şi medie, dălţi pentru minerit şi prelucrat piatră şi diverse roci dure, corpul unor freze cu coadă pentru canale de pană, scule supuse şocurilor şi loviturilor.
OSC 8M	- ferăstraie-bandă sau circulare pentru lemn, dălţi pentru cărbune şi piatră, cuţite de rindea, dinţii demontabili ai frezelor pentu prelucrat lemn.
OSC 10	- filiere, burghie pentru roci dure, bacuri şi fălci pentru filetat, scule aşchietoare pentru metale moi, alezoare de mână, dălţi pentru ciocane pneumatice, pânze de ferăstraie mecanice.
OSC 11	- filiere, freze, burghie, pânze de ferăstraie pentru metale, scule aşchietoare pentru metale moi, scule supuse la şocuri mici şi având tăişuri ascuţite.
OSC 13	- cuţite pentru prelucrarea metalelor, burghie, dălţi şi scule pentru piatră dură, scule aşchietoare ce lucrează la viteze mici, de exemplu tarozi de mână, scule nesupuse la lovire, având duritate deosebită şi muchii tăietoare foarte ascuţite.

Tabelul 2.7

Dependenţa durităţii oţelurilor carbon pentru scule de tratamentul termic

Marca de oţel	Recoacere °C	Normalizare °C	Călire °C	Revenire °C	Duritatea după		
					Recoacere *HB*	Călire *HRC*	Revenire *HRC*
OSC 7	680...720	800..830	800...820 apă	150...300	170..187	60...62	54...60
OSC 8	680..720	800...820	780...800 apă	150...300	max. 187	60...65	58...62
OSC 8M	680...720	800...820	790...820 apă	150...300	max. 187	61...64	58...62
OSC 10	680...720	820...840	760...780 apă	150...300	max. 197	62...65	58...62
OSC 11	680...720	830...850	760...780 ulei, apă	150...300	max. 207	62...65	58...62
OSC 13	680...720	880...900	760...780 apă, ulei	150...400	max. 217	62...65	58...64

Tabelul 2.6

Echivalenţa mărcilor de oţel carbon de scule.

STAS 1700-80	Werkstoff Nummer	SEW 150-71	BS 4659-71	AISI	UNS	SS14	JIS 4401-72	GOST 143	CSN 4...	TGL 4392-70	NF A35-590-78
România	*fosta RFG*		*M.Britanie*	*SUA*		*Suedia*	*Japonia*	*fosta URSS*	*Cehia*	*fosta RDG*	*Franţa*
OSC 7	1.1744	C67W3					SK 6	U7	19125	C70W2	Y1 70*
OSC 8	1.1525	C80W1*		W 108	T 72301		SKC 3 SK 5 SK 6	U8A*	19152	C80W2	Y1 80*
	1.1625	C80W2						U8			
OSC 8M	1.1830							U8GA			
OSC 10	1.1545	C105W1*	BW13	W 110	T 72301	1880		U10*	19191	C100W2	Y1 105*
	1.1645	C105W2*					SK 3	U10			
OSC 11	1.1654	C110W2									
OSC 13	1.1560	C125W1*						U13	19255	C130W2	
	1.1663	C125W2		W 112	T 72301		SK 2				Y2 120
	1.1673	C135W2					SK 1	U13*			Y2 140

*- Oţeluri superioare cu conţinut de P şi S mai mic de 0,025 %

Tabelul 2.8

Recomandări pentru utilizarea oţelurilor aliate de scule în construcţia sculelor aşchietoare

Marca	Recomandări de utilizare
90VMn20 (VMn18)	- Scule monobloc, nedeformabile, de precizie şi rezistenţă la uzare, sau elemente nedeformabile, importante ale unor scule complexe, spre exemplu: filiere, bacuri pentru filiere compuse din mai multe elemente, şabloane şi came suportând solicitări mari.
105MnCrW11 (MCW14)	- Scule monobloc sau elemente de susţinere a zonelor active în aşchiere, rezistente la uzare, spre exemplu: tarozi, freze, alezoare, bacuri pentru filetat, burghie, broşe, cuţite profilate, scule pentru prelucrarea lemnului.
117VCr6 (CVo6)	- Tarozi, burghie, alezoare, scule de gravat şi alte scule pentru care se impune o mare rezistenţă la uzare.
165VWMoCr115 (VMoCr120)	- Scule nedeformabile, de mare productivitate şi având mare stabilitate dimensională, foarte rezistente la uzare şi cu tenacitate ridicată, ca: freze, filiere, broşe, tarozi, mandrine.
155MoVCr115	- Scule nedeformabile, de mare productivitate şi având mare stabilitate dimensională, foarte rezistente la uzare si cu tenacitate ridicata, ca de exemplu: ferăstraie pentru metale, scule pentru prelucrarea lemnului, puternic solicitate, scule pentru rulat filete.

Tabelul 2.9

Dependenţa durităţii oţelurilor aliate pentru scule, de tratamentul termic

Marca oţelului	Călire			Călire + Revenire			
	Temperatura °C	Mediu de răcire	Duritate în stare călită HRC min	Temperatura °C	Mediu de răcire	Temperatura °C	Duritate în stare călit-revenit HRC min
90 VMn 20	760...780	ulei	62	780	ulei	180	59
105 MnCrW 11	800...830	ulei	64	820	ulei	180	59
117 VCr 6	760...810 810...840	apă ulei	62	790	apă	180	60
100 VMoCr 52	950...980	aer ulei baie izotermă	-	980	aer	180	61
165 VWMoCr 115	980...1010	aer ulei baie izotermă	62	1000	aer	180	60
155 MoVCr 115	1020...1050	ulei aer baie izotermă	62	1030	ulei	180	61
205 Cr 115	940...970	ulei aer baie izotermă	62	960	ulei	180	60
90 VMn 20	790...820	ulei	62	800	ulei	180	60
105 CrW 20	800...825	ulei	64	-	-	180	60
45 VSiCrW 20	890...930	ulei	55	-	-	180	52
31 VCr 5	830...860	apă	-	-	-	180	50
31 VMoCr 29	1010...1050	ulei baie izotermă	52	1040	ulei	550	48
36 VSiWMoCr 53	1020...1050	ulei baie izotermă	54	-	-	550	48
39 VSiMoCr 52	1000...1040	ulei baie izotermă	52	1020	ulei	550	50
40 VSiMoCr 52	1020...1060	ulei aer baie izotermă	52	1030	ulei	550	51
55 MoCrNi 16	830...870	ulei	-	830...870	ulei	500	40
55 VMoCrNi 16	830...870	ulei	48	850	ulei	500	40
55 VMoCrNi 17	830...870 860...900	ulei aer	48	850	ulei	500	44
57 VMoCrNi 17	840...880 860...900	ulei apă	48	-	-	500	44
30 VCrW 85	1100...1150	ulei baie izotermă	49	-	-	500	48

Tabelul 2.10

Echivalenţa mărcilor de oţeluri aliate pentru scule

MĂRCI STAS 3611-88	Werkstoff Nummer	SEW 200-60 SEW 250-70	BS 4659:1971	AISI	UNS	SS14	JIS G4404-72	GOST 5950-63	CSN 4...	TGL 4393-70 7746-74	NF A 35-590-78
România	*fosta RFG*		*M.Britanie*	*SUA*		*Suedia*	*Japonia*	*fosta URSS*	*Cehia*	*fosta RDG*	*Franţa*
90VMn20 (VM18)	1.2842	90MnCrV8	B 02	O2	T 31502		-	-	19312	90MV8	90MV8
105MnCoW11 (MCW14)	1.2419	105WCr6	-				SKS 1 SKS 2	HVG	-	105WCr6	105WC13
117VCr6 (CV06)	1.2210	115CrV3	-	L2	T 51202		-	-	-	115CrV3	-
100VMoCr115 (VMoCr120)	1.2601	X165CrMoV12	BD 2			2310	(SK 211)	H12M	(19437)	(165CrMoWV4 6)	Z160CDV12
105CrW20 (CW20)	(1.2419)	(105WCr6)	-				(SKS 1) (SKS 2)	(HVG)	-	(105WCr6)	(105WC13)
45VSiCrW20 (VSCW20)	1.2542	45WCr7	BS 1	S1		2710	-	4HV2S (5HV2S)	19732	45WCrV7	-
31VMoCr29 (MoVC30)	1.2365	X32CrMoV33	BH 10	N 10	T 20810	2312	-	-	-	28CrMoV11.28	32 DCV 5
36VSiWMoCr53 (MoWC53)	1.2606	X37CrMoW51	BH 12	N 12	T 20812		-	-	-	-	-
39VSiMoCr52 (MoVC50.10)	1.2343	X38CrMoV51	BH 11	N 11	T 20811	2242	SKD 6	4H5MFS	19552	38CrMoV21.14	Z38DCV5
40VSiMoCr52 (MoVC50.13)	1.2344	X40CrMoV51	BH 13	N 13	T 20813		SKD 61	(4H5VFS)	19554	-	-
57VMoCrNi17 (VMoCN17)	1.2714	56NiCrMoV7							19663	56NiCrMoV7.4	55NCDV7
30VCrW85 (VCW85)	1.2581	X30WCrV93	BH 21	N 21	T 20821	27.30.2	SKD 5	3H2VBF	19721	30WCrV34.11	Z30WCV9

Recoacerea se realizează prin încălzirea la temperatura de 830...850°C timp de circa două minute pentru fiecare milimetru al grosimii semifabricatelor sudate, urmată de răcire în cuptor, lent pentru obţinerea unor durităţi de ordinul a 280...320 HB. După debavurare se recomandă efectuarea unei recoaceri de detensionare, pentru eliminarea tensiunilor interne cauzate prin îndepărtarea materialului din zona debavurată, iar apoi urmează încălzirea în băi de săruri, parţial, a zonei aşchietoare şi călirea acesteia cu răcire globală, după care se impune revenirea globală, de la temperatura impusă de duritatea necesară părţii active; apoi se impune încălzirea cozii în baie de săruri la temperatura de călire a acesteia şi răcire globală, în apă sau ulei, urmată de revenirea cozii constând în încălzirea globală a sculei la 400...500°C şi răcirea ei în aer, în scopul obţinerii durităţilor impuse cozii (de circa 30...40 HRC).

2.2.2.3. Oţeluri pentru pile (STAS 1663-85). Acestea sunt oţeluri carbon şi oţeluri slab aliate de tipul OLC 10 ... OLC 25, OL 32, OL 34 şi OL 37, ca şi RUL 1 având principalele caracteristici precizate în standardele acestor mărci.

De cele mai multe ori acestea se folosesc în stare cementată, călită şi nitrurată în vederea creşterii maxime a durităţii în zona aşchietoare, zona cozii rămânând la durităţi minime.

2.2.2.4. Oţeluri rapide pentru scule (STAS 7382-88). Acestea constituie o categorie specială pentru scule aliate cu mari cantităţi de wolfram, cobalt, molibden şi vanadiu, ceea ce conduce la obţinerea unor carburi dure, stabile la temperaturi mari, specifice aşchierii metalelor cu viteze relativ mari.

Oţelurile rapide pentru scule sunt utilizate la fabricarea părţilor active ale majorităţii sculelor aşchietoare: cuţite pentru strunjire şi alezare, rabotare şi mortezare, freze, burghie, pânze de ferăstrău, scule pentru filetare şi danturare, broşe, alezoare, role de rulare a filetelor, şevere şi altele.

Sunt standardizate următoarele mărci: Rp1...Rp5, Rp9...Rp11, având compoziţia chimică prezentată în tabelul 2.11. După cum rezultă din acest tabel, mărcile Rp4 şi Rp5, Rp9, Rp10 şi Rp11 sunt oţeluri conţinând W în cantităţi mai mici şi în schimb conţin cantităţi mai mari de Mo şi V. Aceasta conduce la proprietăţile mecanice comparabile cu cele ale oţelurilor rapide Rp1...Rp3, dar la importante reduceri ale costului şi ale consumurilor de W (extrem de deficitar) în fabricaţia acestor oţeluri.

În tabelul 2.12 se prezintă indicaţiile referitore la utilizarea diferitelor mărci de oţeluri rapide pentru sculele aşchietoare.

În tabelul 2.13 se dau indicaţii pentru temperaturile de deformare plastică şi tratament termic, în corelare cu duritatea materialului obţinută în urma tratamentelor termice.

Proprietăţile superioare ale oţelurilor rapide (dar implicit şi costurile relativ ridicate ale acestora) sunt urmarea atât a compoziţiei chimice, dar şi a tratamentelor termice complicate care se impun a fi aplicate acestor materiale.

În vederea prelucrărilor de degroşare a viitoarelor scule din oţel rapid, se impune efectuarea unei recoaceri de înmuiere la temperaturi de 760°...850°C, în funcţie de marca şi compoziţia chimică, iar după degroşare se impune recoacere de detensionare, la temperaturi de 600°...650°C, pentru evitarea deformării ulterioare a sculei sub influenţa tensiunilor interne.

rotit 90°

Tabelul 2.11

Compoziţia chimică a oţelurilor rapide conform STAS 7382/88

Marca oţelului	Compozitia chimica %								Densitatea [g/cm^3]
	C	Mn	Si	Cr	Mo	W	V	Co	
Rp1	0.90...1.00	max. 0.50	max. 0.50	3.80...4.40	max. 1.00	9.00...10.00	2.30...2.70	5.00...6.00	8.4
Rp2	0.75...0.83	max. 0.40	max. 0.45	3.80...4.50	0.50...0.80	17.50...18.50	1.40...1.70	4.50...5.00	8.7
Rp3	0.70...0.78	max. 0.40	max 0.45	3.80...4.50	max. 0.60	17.50...18.50	1.00...1.20	-	8.7
Rp4	1.17...1.27	max. 0.40	max. 0.45	3.80...4.50	4.70...5.20	6.00...6.70	2.70...3.20	-	8.2
Rp5	0.86...0.94	max. 0.40	max. 0.45	3.80...4.50	4.70...5.20	6.00...6.70	1.70...2.00	-	8.2
Rp9	0.95...1.03	max. 0.40	max. 0.45	3.80...4.50	2.50...2.80	2.70...3.00	2.20...2.50	-	8.0
Rp10	0.78...0.86	max. 0.40	max. 0.45	3.50...4.20	8.00...9.20	1.50...2.00	1.00...1.30	-	8.0
Rp11	0.97...1.07	max. 0.40	max. 0.45	3.50...4.20	8.00...9.20	1.50...2.00	1.80...2.20	-	8.0

Observaţii:

1. Pentru toate mărcile de oţel, conţinutul de fosfor şi sulf trebuie să fie de maximum 0.03 % pentru fiecare;
2. La mărcile de oţel Rp1 şi Rp3 se admite înlocuirea a 2 % W cu 1 % Mo fără a depăşi următoarele limite:
   - maximum 1 % Mo, pentru marca Rp1;
   - maximum 1.4% Mo, pentru marca Rp3

Pentru marca de oţel Rp1 conţinutul de mangan şi siliciu este de maximum 0.50 % pentru fiecare
Pentru mărcile de oţel Rp2...Rp11 conţinutul de mangan este de max. 0,40 % iar cel de siliciu este de max. 0,45 %

90°

Tabelul 2.13

Indicaţii privind deformarea plastică la cald, tratamentul termic şi duritatea oţelurilor rapide

Marca oţelului	Forjare sau laminare °C	Recoacere de înmuiere		Călire		Revenire	
		Temperatura	Duritatea	Temperatura	Mediul de răcire	Temperatura	Duritatea
Rp1	1100...900	790...820	max. 269	1220...1240	ulei, aer, baie izotermă *)	560...580	64
Rp2	1150...900	820...850	240...300	1260...1300	ulei, aer, baie izotermă *)	560...580	64
Rp3	1150...900	820...850	240...300	1250...1290	ulei, aer, baie izotermă *)	550...570	64
Rp4	1100...900	770...820	240...300	1200...1240	ulei, aer, baie izotermă *)	550...570	64
Rp5	1050...900	770...820	225...280	1190...1230	ulei, aer, baie izotermă *)	540...560	64
Rp9	1100...900	760...790	225...280	1180...1220	ulei, aer, baie izotermă *)	530...550	64
Rp10	1100...900	790...820	230...280	1180...1220	ulei, aer, baie izotermă *)	530...550	64
Rp11	1100...900	780...810		1190...1230	ulei, aer, baie izotermă *)	540...560	64

*) Baie izotermă cu temperatura de 500 ... 550°C.

Observaţie: Mediul de răcire la călire poate fi ulei, aer sau baie izotermă cu temperatura 500...550 °C

Tabelul 2.12

Indicaţii pentru utilizarea oţelurilor rapide

Marca oţelului	Principale domenii de utilizare
Rp1	Fabricarea de scule pentru aşchiere rapidă, puternic solicitate la uzare şi la încălzire, ca: freze, cuţite.
Rp2	Fabricarea de scule de aşchiere cu viteze foarte mari pentru materiale foarte dure, ca: freze, cuţite.
Rp3	Fabricarea de scule de aşchiere cu viteze foarte mari, pentru materiale cu duritate foarte ridicată, ca: burghie, scule de filetat, freze, scule de danturat.
Rp4	Fabricarea de scule aşchietoare pentru regimuri intensive: freze, alezoare puternic solicitate, dornuri, poansoane şi matriţe pentru extrudare la rece (înlocuitor al oţelului Rp3; mai ieftin ca Rp3).
Rp5	Fabricarea de scule de aşchiere pentru materiale cu duritate ridicată, ca: burghie, tarozi, cuţite.
Rp9	Oţel rapid economic pentru scule aşchitoare, supuse la uzare puternică în regim termic moderat: burghie.
Rp10	Oţel rapid economic pentru scule aşchietoare, supuse la uzare, cu regimuri de aşchiere uşoară (în materiale cu duritate mică), ca: burghie, scule de filetat, cuţite, freze.
Rp11	Oţel rapid economic pentru scule aşchietoare, ca: freze, scule pentru decupat.

După prelucrarea de finisare (înainte de ascuţirea finală) semifabricatele trebuie călite, la temperaturi de 1190°...1300°C (a se vedea tabelul 2.13), cu răcire în băi izoterme având temperatura de 500°...550°C. Încălzirea în vederea călirii trebuie efectuată în trepte cu menţinerea constantă a temperaturii la cel puţin două dintre valorile 450...600°C, 850°C şi 1050°C. În acest scop încălzirea şi menţinerea se recomandă a se realiza în băi de săruri: pentru temperaturi 450...600°C se recomandă folosirea eutecticului ternar $SrCl_2+NaCl+KCl$, pentru menţinerea la temperatura de 850°C se recomandă amestecul de $BaCl_2+NaCl$, iar pentru încălzirea finală se recomandă ca mediu $BaCl_2$ în amestec cu dezoxidanţi. Durata menţinerii la temperatura de imersie finală, în scopul austenitizării este relativ scurtă (de ordinul minutelor) crescând odată cu grosimea semifabricatelor şi scăzând în cazul folosirii mai multor menţineri "de preîncălzire", pe palierele precizate anterior.

Răcirea semifabricatelor cu variaţii mari de secţiune se face ideal în băi de săruri, în trepte, menţinându-se la 450...550°C pentru fiecare *cm* din grosimea materialului. Pentru sculele cu pericol de deformare mărit (sculele subţiri şi cu lungimi mari) se recomandă călirea izotermă cu răcirea la 200...250°C şi menţinerea la această temperatură 30...40 minute sau răcirea la 260...300°C, cu menţinerea din timp de 40...60 minute, rezultând o structură preponderent bainitică.

În cazul răcirii în ulei se recomandă menţinerea în baia de ulei (la temperatura de 50...100°C) până la atingerea temperaturii băii în toată grosimea piesei şi apoi răcirea în aer.

Uneori se acceptă şi răcirea în aer, ceea ce conduce la creşterea cantităţilor de austenită reziduală, faţă de celelalte sisteme de răcire, implicând durităţi şi durabilităţi mai mici ale sculelor.

Pentru scăderea cantităţii de austenită reziduală şi implicit creşterea procentuală a formaţiunilor structurale de tip martensitic se poate recomanda (în cazul existenţei dotării tehnice corespunzătoare) continuarea tratamentului prin frig la temperaturi de până la

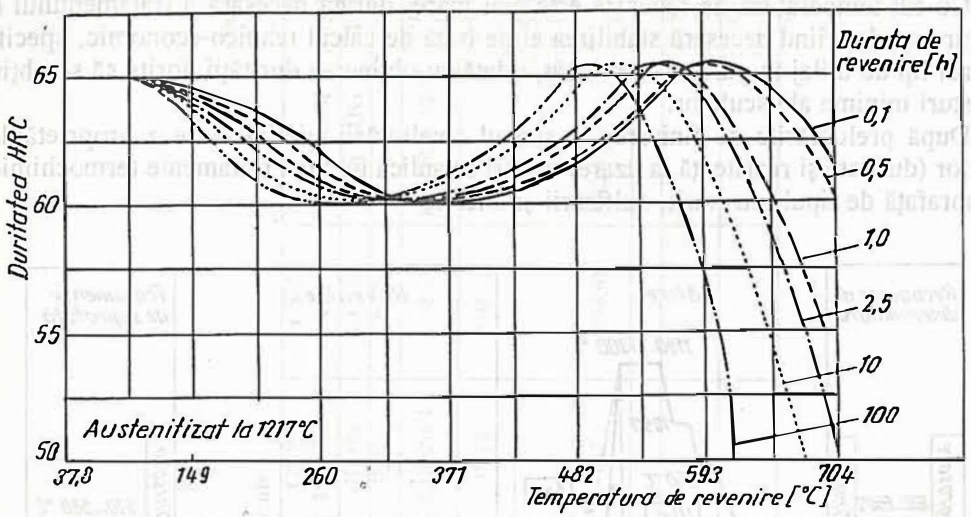


Fig. 2.8

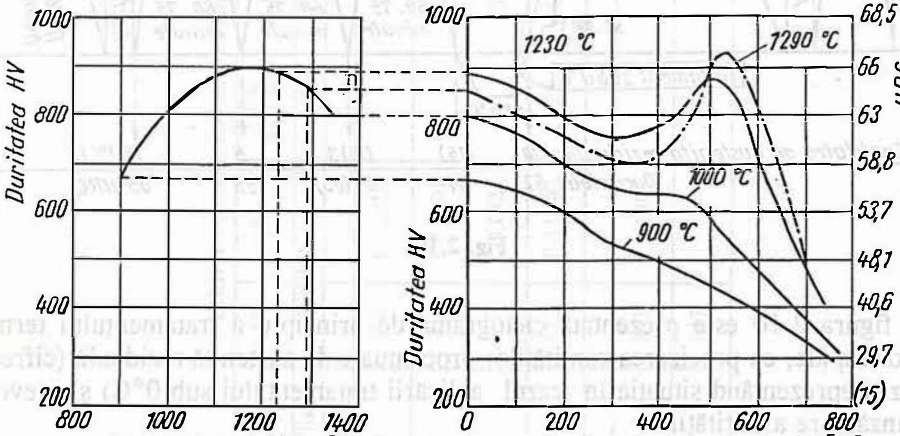


Fig. 2.9

-80°C, timp de 30-45 minute. De regulă se efectuează cel puţin două reveniri, succesive, imediat după călire, timp de 60...75 minute fiecare, în scopul "durificării secundare", caracteristică oţelurilor rapide, în care pe parcursul revenirii, austenita reziduală, instabilă, suferă o transformare martensitică, mărindu-şi duritatea, aşa cum se ilustrează în figurile 2.8 şi 2.9. Se constată că la temperaturi de călire de 1100...1300°C şi temperaturi de revenire de 520...580°C fenomenul de durificare secundară este intensificat, conducând la obţinerea unor structuri ce conferă duritate comparabilă cu cea a materialului călit, uneori chiar mai mare, având însă tenacitate mult îmbunătăţită.

Cu cât temperatura de revenire este mai mare, durata necesară a tratamentului de revenire scade, fiind necesară stabilirea ei pe bază de calcul tehnico-economic, specific fiecărui tip de utilaj în parte, astfel încât, odată cu obţinerea durităţii dorite să se obţină şi costuri minime ale sculelor.

După prelucrările de finisare, în scopul ameliorării suplimentare a proprietăţilor sculelor (duritate şi rezistenţă la uzare) uneori se aplică în plus, tratamente termochimice de suprafaţă de tipul nitrurării, sulfizării şi altele.

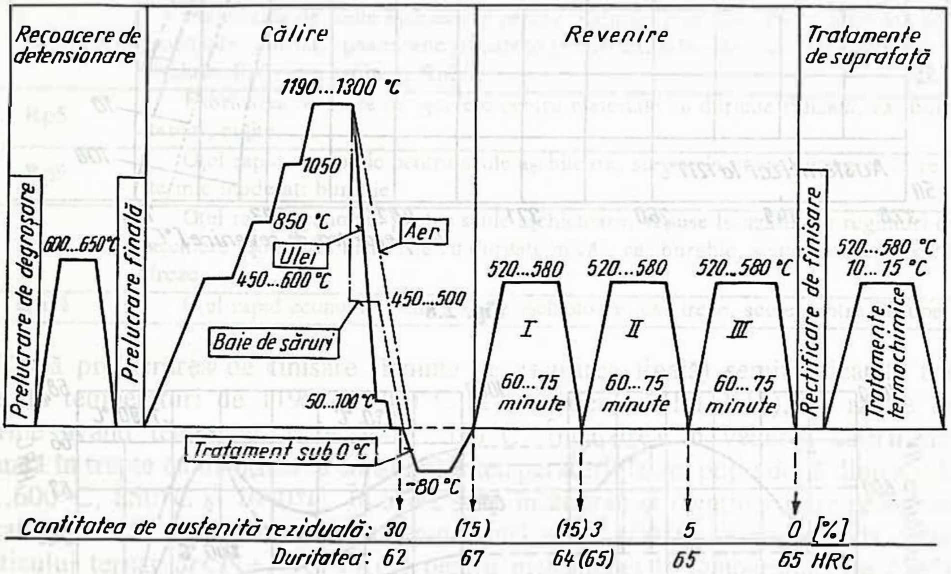


Fig. 2.10

În figura 2.10 este prezentată ciclograma de principiu a tratamentului termic al oţelurilor rapide, cu precizarea cantităţilor procentuale de austenită reziduală (cifrele din paranteză reprezentând situaţia în cazul aplicării tratamentului sub 0°C) şi a evoluţiei corespunzătoare a durităţii.

Toate "amănuntele" tratamentelor termice trebuie prevăzute în mod expres în proiectele de execuţie a sculelor, nefiind permisă neglijarea acestora. De tratamentul termic depinde esenţial calitatea şi capacitatea de aşchiere a sculelor.

În tabelul 2.14 se prezintă echivalarea orientativă a mărcilor de oţeluri rapide româneşti cu oţeluri străine.

2.2.3. Semifabricate din oţel utilizabile la fabricarea sculelor aşchietoare

Diversele categorii de oţeluri folosibile în construcţia sculelor aşchietoare se produc în condiţiile prevăzute în mod expres în standardele: STAS 3021-80, STAS 7450-79 şi STAS 6433-80.

În tabelul 2.15 se prezintă extrase din aceste standarde, utile în proiectarea elementelor sculelor aşchietoare.

Tabelul 2.14

Echivalenţa mărcilor de oţel rapid pentru scule

STAS 7382-88	Werkstoff	SEW 320-69	BS 4659:1971	AISI	UNS	MNC 880-82	JIS G4403-68	GOST 19265-80	CSN 4...	TGL 7571/01-74	NF A35-590-78
Marca	Germania		Marea Britanie	SUA		Suedia	Japonia	Rusia	R.Cehă	fosta RDG	Franţa
Rp 1								R9K5	19856	-	-
Rp 2	1.3255	S18-1-2-5	BT4	T4	T 12004		SKH 3	R18K5F2	19855	X79WCo 18.5	Z80 WKCV 18-05-04-01
Rp 3	1.3355	S18-0-1	BT1	T1	T 12001		SKH 2	R 18	19824	-	(Z80 WCV 18-04-01)
Rp 4	1.3344	S6-5-3		M3	T 11323		SKH53				Z120WDCV 06-05-04-02
Rp 5	1.3343	S6-5-2	BM2	M2	T 11302	2722	SKH 9	M2	19830	X82WMo 6.5	Z85DCWV 06-05-04-02
Rp 9	1.3333	S3-3-2									
Rp 10	1.3346	S2-9-1	BM1	M1	T 11301						Z85DCWV 08-04-02-02
Rp 11	1.3348	S2-9-2		M7		2782					Z100DCWV 09-04-02-02

Tabelul 2.15

Dimensiuni şi toleranţe pentru oţeluri

a. Dimensiuni şi toleranţe pentru bare de oţel cojit, conform STAS 6433-80

Diametrul nominal (mm)	Abateri limita (mm) în starea			Materialul
	Cojit şi netezit (CN)	Cojit (C)	Cojit brut (CB)	
16-18	-0.11	-0.22	-0.7	Conform STAS: 880-88 şi 791-88 (exclusiv 65Mn10 şi 35MnSi12)
19-30	-0.13	-0.26	-0.84	
32-50	-	-0.32	-1.00	
52-80	-	-0.38	-1.20	
85-125	-	-	-2.20	
135-175	-	-	-2.50	

b. Dimensiuni şi toleranţe pentru oţelurile de scule cu secţiune pătrată sau rotundă, conform STAS 3021-80

Diametrul sau latura	Abateri limită (mm)		Observaţii
	laminat	forjat	
6-10 11-19	+0.5 +0.6		numai pentru oţeluri carbon de scule
20-22	+0.7	+1.4	
24-25 27-30 31-32 33-35 36-38 39-50	+0.8 +0.9 +1.0 +1.1 +1.2 +1.4	+1.8	STAS 3021/80 detaliază dimensiunile de fabricaţie a fiecărei categorii de oţel
52-70	+1.5	+2.3	
75-85	+1.8	+2.8	
90	+1.8	+3.2	
95-100	+2.4	+3.2	
110	+2.4	+3.8	
120-140	+3.3	+4.3	
150	+4	+4.3	

2.2.4. Recomandări privind alegerea oţelurilor pentru construcţia sculelor aşchietoare.

2.2.4.1. Oţelurile pentru cuţite sunt utilizate în construcţia părţii aşchietoare a cuţitelor pentru strunjirea de degroşare a oţelului şi fontelor cu durităţi de 260...280 HB,

ca şi pentru cuţitele destinate danturării roţilor dinţate; se recomandă folosirea mărcilor de oţel Rp3 şi eventual Rp5.

Pentru cuţitele destinate strunjirii, rabotării sau mortezării aliajelor feroase cu durităţi de peste 300 HB se recomandă în plus şi mărcile Rp10, la viteze relativ mici de aşchiere.

Pentru prelucrarea cu viteze mari (până la 60...70 m/min) se recomandă oţelurile Rp3, Rp2 şi Rp1. Pentru prelucrarea alamelor, bronzurilor şi aliajelor uşoare se poate folosi la partea activă oţelul aliat pentru scule, de exemplu marca 165VWMoCr115 sau similare şi chiar oţeluri carbon de scule, mărcile OSC 10, OSC 11, OSC 13, mai ales la viteze mici de aşchiere.

Pentru cuţitele de rabotat dantura roţilor dinţate conice se recomandă folosirea oţelului Rp3, Rp2 sau Rp1 sau a altor mărci echivalente fiind necesară asigurarea durităţii de 62...65 HRC. Cuţitele cu lungimi mai mari de 40 mm se execută cu un corp sudat, din OLC 45 sau 40Cr10, având duritatea de 35...40 HRC. Corpul cuţitelor se recomandă a se executa din una din mărcile 40Cr10, OLC40, OLC45, OLC50, în construcţie sudată cu partea aşchietoare, sau sub formă de plăcuţă lipită sau prinsă mecanic.

2.2.4.2. Oţeluri pentru freze. Pentru prelucrarea materialelor cu duritate mică se construiesc freze monobloc, relativ ieftine, din materiale de mărcile: OSC10, OSC11, VCr 06 sau alte materiale similare. Frezele destinate prelucrării materialelor metalice de duritate medie, cu viteze mici şi medii de aşchiere, se pot construi din oţel înalt aliat cu crom, de exemplu 155 MoVCr 115 sau echivalente ale acestuia.

Majoritatea frezelor obişnuite se execută din oţel rapid, mărcile Rp3, Rp5 sau Rp1, tratat termic astfel încât să se asigure durităţi de peste 62 HRC (760HV10).

Corpul frezelor disc mari şi cozile frezelor cu coadă se recomandă a se executa din oţel de îmbunătăţire, de exemplu OLC 45 sau 40MnCr11, sau similare, călite şi revenite, până la 30...45 HRC, sudat sau fixat mecanic faţă de partea aşchietoare sau respectiv faţă de dinţii demontabili.

Conform STAS 9211/1-88, corpul frezelor având tăişuri din plăcuţe schimbabile de carburi metalice, ca şi elementele de fixare ale plăcuţelor se execută din oţeluri aliate, având rezistenţa de rupere Rm de cel puţin 1000 N/mm şi duritatea de 40...45 HRC în stare îmbunătăţită, ca de exemplu: 34MoCrNi16 sau 30MoCrNi20.

Suportul plăcuţelor aşchietoare şi penele de fixare ale plăcuţelor trebuie să asigure duritatea de 48...52 HRC putându-se utiliza de exemplu oţelurile 31MoCr29 sau 31VCr5. Şuruburile de fixare ale plăcuţelor aşchietoare sau a celor de sprijin trebuie să asigure duritatea de 40...45 HRC, putându-se utiliza oţeluri carbon de scule, oţel aliat de îmbunătăţire pentru construcţii sau oţel aliat pentru scule, de exemplu marca 30VCrW85 sau 36VSiWMoCr53.

Bridele de fixare trebuie executate din oţel îmbunătăţit cu duritatea de 52...56 HRC, impunându-se mărcile de oţel aliat pentru scule 45VSiCrW20, eventual 40VSiMoCr52 sau mărci similare de oţeluri de deformare plastică sau turnate cu modele uşor fuzibile.

La frezele cu tăişuri din plăcuţe de carburi metalice lipite se impune ca în zona lipirii, duritatea corpului să fie de minimum 30...35 HRC.

Materialul cozii trebuie să asigure după îmbunătăţire o rezistenţă *Rm* de minimum 600 N/mm^2.

Penele de fixare ale dinţilor demontabili ai frezelor trebuie să aibă durităţi de 40...50 HRC, executându-se de regulă din OLC 45, OSC 7, OSC 8 sau 40Cr10, respectiv similare

ale acestora, ca rezistenţă şi duritate, după îmbunătăţire.

Se impune ca materialele constitutive ale frezelor să fie demagnetizate, pentru a se împiedica blocarea cu aşchii a canalelor de degajare ale frezelor în timpul aşchierii materialelor feromagnetice.

2.2.4.3. Oţelurile pentru scule de găurire. În mod obişnuit, pentru partea aşchietoare a burghielor se utilizează oţelul rapid, cea mai des folosită marcă fiind Rp3, iar în unele cazuri folosindu-se Rp2 sau Rp4, călit la 62...65 HRC.

Se mai pot folosi şi alte tipuri de oţeluri, de exemplu oţeluri carbon sau aliate, având asigurată după îmbunătăţire duritatea de minimum 62 HRC (minimum 760HV10). Pentru burghiele cu diametrul mai mare de 10 mm este avantajoasă (în producţia de serie) executarea cozii din OLC 45, sudată cap la cap prin presiune (prin rezistenţă electrică sau prin frecare). Duritatea în zona cozii şi a antrenoarelor trebuie să fie de 30...45 HRC. În cazul burghielor elicoidale armate cu plăcute din *CMS*, corpul trebuie să aibă asigurată rezistenţa Rm > 1400 N/mm^2 şi duritatea de minimum 42 HRC.

Se remarcă tendinţa acoperirii părţii active prin nitrurarea ionică a burghielor finisate, cu TiN, HfN, TiAlN, ceea ce măreşte durabilitatea sculelor cu 400...1000 % .

Pentru adâncitoare şi lărgitoare există aceleaşi condiţii şi recomandări ca şi pentru burghie.

În cazul lărgitoarelor cu tăişuri din carburi metalice, corpul trebuie să aibă rezistenţa mecanică mai mare de 1000 *MPa* şi duritatea de 40...45 HRC, iar coada sudată sau brazată trebuie să asigure o rezistenţă mai mare de 600 MPa. Cozile cilindrice trebuie să aibă duritatea de minimum 25 HRC în cazul că sunt monobloc cu corpul, iar în cazul celor sudate sau brazate se admit, de la caz la caz, durităţi mai mici, dar cel puţin de 170 HB. Capetele de evacuare ale cozilor conice trebuie să aibă durităţi de 30...45 HRC.

Există încercări reuşite de realizare a unor corpuri de burghie (cu răcire interioară), de lărgitoare şi adâncitoare, din oţeluri aliate, turnate, sau chiar din oţeluri rapide turnate în forme coji, realizate cu modele uşor fuzibile sau volatile.

Înainte de aplicarea tratamentelor termice obişnuite se impune în acest caz aplicarea unor recoaceri de recristalizare.

Alezoarele mici de mână se pot realiza din OSC 10 sau OSC 12. Cele mari monobloc şi cele de maşină trebuie realizate cel puţin din oţeluri aliate pentru scule de exemplu 117VCr6 cu duritatea de minimum 61 HRC sau din oţeluri rapide (Rp1, Rp3) având duritatea de cel puţin 62 HRC în zona aşchietoare.

În producţia de serie, corpul şi partea activă a alezoarelor mari, fixe, se execută din oţel rapid Rp3 sau Rp1, îmbunătăţite la duritatea 62...65 HRC, iar coada se execută (în construcţie sudată) din OLC 45 sau oţel aliat de construcţie, de exemplu marca 40Cr10, îmbunătăţit la 34...50 HRC, sau alte oţeluri având rezistenţa Rm > 650 MPa. Coada poate fi asamblată şi prin lipire tare. Capul de evacuare al cozilor conice ale alezoarelor trebuie sa aibă duritatea de 30...45 HRC, iar pătratele şi antrenoarele trebuie să aibă 30...40 HRC.

În cazul alezoarelor cu tăişuri din carburi metalice fixate mecanic, corpul trebuie să aibă duritatea de 56...60 HRC, iar la cele cu plăcuţe lipite corpul trebuie să fie din oţel aliat cu Rm > 700 MPa îmbunătăţit la 40...45 HRC.

Alezoarele mici din oţel rapid, cu diametre de până la 0,5 mm, trebuie să aibă duritatea de 58...62 HRC, iar cele cu diametrul peste 0,5 mm - durităţi de 59-63 HRC.

Alezoarele reglabile trebuie să aibă corpul elastic şi foarte rezistent, recomandându-se oţelul 40Cr10, mai ales pentru dimensiuni mici. Coada acestora se poate suda, fiind din oţel carbon OLC 45, eventual OL 60.

La alezoarele reglabile cu diametrul peste 50 mm, corpul, piuliţele şi bucşele de reglare se recomandă a se prevedea din OLC 35, îmbunătăţit la 30...35 HRC plăcuţele tăişurilor - din oţel rapid cu duritatea 62...65 HRC.

La alezoarele de mână reglabile, corpul se recomandă a se prevedea din OLC 45 îmbunătăţit la duritatea de 30 ... 35 HRC, plăcuţele sau cuţitele se recomandă a fi din OSC 9, iar piuliţele de reglare din OLC 45 îmbunătăţit.

2.2.4.4. Oţeluri pentru scule de filetare. Marea majoritate a sculelor pentru filetat în construcţie monobloc se execută din oţel rapid Rp3, Rp5, Rp10, mai ales în cazul filetării cu viteze relativ mari. Pentru viteze mari se recomandă acoperirea ionică (straturi de TiN, TiCN, TiAlN, HfN, HfCN).

Tarozii de maşină şi cei destinaţi filetării de precizie sau în materiale cu rezistenţă ridicată se pot executa şi din oţeluri aliate de tipul 165 VWMoCr 115 sau 105 CrW 20.

Tarozii de mână, ca şi cei destinaţi filetării în materiale cu coeficient mic de frecare cu oţelul (de exemplu bronz) sau de rezistenţă de rupere relativ mică şi aşchii fragmentate (de exemplu fonte obişnuite) se pot executa şi din oţel carbon de scule, mărcile OSC 10, OSC 11, OSC 12 sau oţel aliat de tipul 117VCr6, 105CrN20.

Duritatea zonei active trebuie să depăşească 62 HRC în cazul oţelurilor rapide, şi 59...60 HRC în celelalte cazuri.

Capetele de antrenare şi cozile trebuie să aibă durităţi de 30...35 HRC, fiind sudate (în producţie de serie), din OSC 7, OLC 60 sau OLC 45, îmbunătăţite.

La tarozii curbi, coada trebuie să fie executată din OSC 7 sau oţel aliat, cu HRC 35...45 HRC.

Filierele monobloc se execută din oţel rapid sau oţel aliat pentru scule, îmbunătăţit la 61...64 HRC în cazul filetării pe maşină. Acoperirile ionice amintite în cazul tarozilor, măresc mult durabilitatea şi în cazul filierelor.

Pentru filetare manuală, filierele se execută din oţeluri OSC 10, OSC 12, călite în băi de săruri, la 58...62 HRC.

Bacurile pentru filetare şi cuţitele-pieptene, care sunt destinate filetării cu viteze mari se realizează de asemenea din oţel rapid, marcile Rp3, Rp5 sau Rp10, îmbunătăţite la 62...65 HRC. Pentru viteze medii de aşchiere se utilizează oţelurile aliate de scule MCW14, CW20, VC06 îmbunătăţite la 60...62 HRC, iar pentru viteze mari şi materiale moi OSC 8, OSC 10, îmbunătăţite la aceleaşi durităţi, obţinute prin călire şi revenire joasă.

2.2.4.5. Oţeluri pentru broşe. Broşele destinate lucrului cu viteze mari se execută din oţel rapid Rp3, Rp5 eventual Rp4, ca şi oţeluri aliate de tipul 165 VMoCr 115, îmbunătăţite în zona activă la 62...65 HRC şi eventual acoperite ionic cu straturi superdure de nitruri, carbonitruri de Ti, Hf, sau cianizate.

Pentru aşchierea cu viteze relativ mici, se recomandă oţelurile 105CW20 şi 105MnCrW11 cu durităţi similare celor prezentate anterior.

Coada broşelor se execută de regulă (în construcţie sudată sau prinsă mecanic) din oţel OLC 45 sau 40Cr10 îmbunătăţite la durităţi de 35...45 HRC, respectiv 42...56 HRC.

În cazul broşelor mari, execuţia se preferă din materiale diferenţiate, dinţii şi partea de ghidare din spate se execută din oţel rapid, având duritatea de 62...65 HRC, partea de ghidare din faţă se execută din oţel rapid îmbunătăţit la 60...65 HRC.

In cazul dinţilor demontabili din oţel carbon de scule, aceştia trebuie să aibă duritatea de 61...64 HRC, iar în cazul folosirii acestor oţeluri la partea de ghidare, duritatea trebuie să fie de 56...64 HRC. În STAS 3611-88 se recomandă pentru fabricarea broşelor oţelurile aliate 105 MnCrW 11, 165 VWMoCr 115 şi 105 CrW 20.

2.2.4.6. Oţeluri pentru scule de danturat. Frezele monobloc pentru danturat se execută din oţel rapid mărcile Rp3 sau Rp5, îmbunătăţite la duritatea de minimum 63 HRC, în zona părţii active, recomandându-se acoperirea ionică superdură cu nitruri de Ti, Hf sau carbonitruri ale acestora, în scopul creşterii durabilităţii.

Pentru frezele mari, se recomandă executarea corpului din oţel aliat, în construcţie sudată de partea aşchietoare.

Pentru aşchierea la viteze mici pot fi folosite oţeluri aliate de scule de exemplu 31VCr5, îmbunătăţit la 60...63 HRC în zona de aşchiere.

Cuţitele-roată şi cuţitele-pieptene se recomandă a se executa din oţel rapid *Rp3*, cel puţin în zona activă, îmbunătăţit la duritatea 62...65 HRC. Suportul cuţitelor-pieptene se poate executa din oţel aliat, de exemplu 40Cr10 sau 20MoCr12, îmbunătăţit la duritatea de 40...50 HRC.

Coada cuţitelor-roată se poate executa din 40Cr10 sau OLC 45 îmbunătăţit la durităţi de cel puţin 45 HRC.

Pentru cuţitele de rabotat roţi dinţate conice sunt valabile precizările de la **2.2.4.1.**

Şeverele - se execută din oţel rapid, îmbunătăţit la durităţi de 63...65 HRC, cu recomandarea acoperirilor superdure, amintite anterior. În cazul şeverelor cu dinţi aplicaţi corpul se recomandă a se executa din oţel aliat 40Cr10 îmbunătăţit la durităţi de 40...45 HRC.

2.2.4.7. Oţeluri pentru scule de debitare. Pânzele de fierăstrău circular se execută din mai multe materiale, după cum urmează:

Segmenţii cu dantură se execută de regulă din oţel rapid, îmbunătăţit la 62...65 HRC, în zona aşchietoare şi la max. 45 HRC în zona de fixare. În locul oţelului rapid se pot folosi şi alte oţeluri aliate de scule, cu proprietăţi apropiate de ale acestora, de exemplu 105 MnCrW 11, 165 VWMoCr 115, 155 MoVCr 115.

Discurile se execută din oţeluri cu rezistenţa Rm > 800 N/mm^2, călite şi revenite la durităţi de 36...42 HRC în cazul diametrelor mai mari de 1000 mm şi 22...35 HRC pentru diametrele până la 1000 mm.

Niturile se execută din oţeluri moi: OL 34, OL 37, OL42, OL 45.

Pânzele de fierăstrău cu mişcare alternativă se execută din două tipuri, având fiecare câte două variante: dintr-o bucată (*I*) sau din două bucăţi sudate longitudinal (*II*).

Tipul *I*, conform STAS 1066-86, utilizată la fierăstraele manuale se execută din oţeluri aliate de scule, recomandat cu circa 1,1% W şi 0,1% V, cea mai apropiată marcă standardizată, în aceste condiţii fiind 36VSiWMoCr53.

Duritatea zonei danturii trebuie să fie 60...64 HRC, iar în rest de maximum 45 HRC.

Tipul *II* se execută în varianta *A* din oţel Rp5 cu duritatea 60...64 HRC în zona

tăietoare, duritatea scăzând până la 45 HRC în zona de prindere, existând o zonă intermediară de 64...65 HRC de la dantură la partea opusă acesteia.

În varianta *B*, corpul se execută sudat din oţel 50VCr11 sau echivalente ale acestuia (exemplu: 45VSiCrW20, 55VMoCrNi17, 57VMoCrNi17), îmbunătăţite la 45...53 HRC.

2.3. CARBURI METALICE SINTERIZATE

2.3.1 Clasificare şi proprietăţi.

Materialele obţinute din această categorie, notate uneori prin simbolul *CMS* sunt carburi metalice dure şi refractare de wolfram (tungsten), de tipul WC (şi uneori în plus W2C) sinterizate de regulă în cobalt, acesta având rol de liant, sau carburi de W şi Ti şi eventual de tantal (TaC) sinterizate în cobalt.

Carburile metalice sinterizate utilizabile în construcţia sculelor aşchietoare sunt clasificate prin STAS 6374-80 în trei grupe principale, în funcţie de proprietăţi (derivate în esenţă din compoziţia chimică, granulaţie şi tehnologie de fabricaţie) notate prin simbolurile *P, M* şi respectiv *K*.

Grupa principală P conţine materiale sinterizate din carburi de *W, Ti* şi *Ta* în cobalt, având duritate şi în consecinţă rezistenţă la uzare mare, dar tenacitate mică. Plăcuţele realizate cu materiale din această categorie sunt recomandate pentru aşchierea oţelurilor, în special a oţelurilor cu aşchii de curgere şi eventual a fontelor maleabile.

Grupa principală K este formată din materiale constituite din carburi de wolfram şi cobalt ca liant, având duritatea mai scăzută şi tenacitate mai mare decât cele din prima categorie. Se caracterizează de asemenea printr-o relativ ridicată rezistenţă la uzare abrazivă.

Ele sunt recomandate în special pentru aşchierea materialelor ce dau aşchii fragmentate (fontele) şi a celor cu acţiune abrazivă asupra sculelor.

Grupa principală M se caracterizează prin proprietăţi medii, având o gamă de utilizare mai largă.

În tabelele 2.16 şi 2.17 se indică subclasificarea grupelor principale în grupe de utilizare, dându-se simbolizarea, compoziţia chimică, proprietăţile principale, ca şi principalele recomandări de folosire şi sensul variaţiei unor elemente importante în procesul de aşchiere.

În figura 2.11 se prezintă unele diagrame de variaţie a proprietăţilor carburilor metalice sinterizate, în funcţie de conţinutul de cobalt, iar în figura 2.12 se indică variaţia reciprocă a tenacităţii, durităţii, vitezei de aşchiere şi a rezistenţei la încovoiere a carburilor din grupa principala P.

În afară de cele trei grupe principale amintite, este standardizată şi *grupa principală G*, cu 5 grupe de utilizare (G10...G50) folosibile la alte tipuri de scule decât cele aşchietoare, de exemplu unele folosibile la realizarea rolelor pentru rulare la rece.

Tabelul 2.16

Compoziţia şi proprietăţile carburilor metalice sinterizate

Tipul		Compoziţia chimică			Densitatea g/cm^3	Duritatea Vickers $x10^3$	Rezistenţa la încovoiere $MPa \times 10^3$	Rezistenţa la compresiune $MPa \times 10^3$	Modulul de elasticitate $MPa \times 10^4$	Coeficientul de dilatare termică $x10^{-6}/grad$	Conductivitatea termică $cal/cm \cdot s \cdot {}^\circ K$
Grupa principală	Grupa de utilizare	Co %	TiC + TaC %	Carburi de W							
P	P01	5	34	61	10.41	1.756	1.5		-	-	-
	P10	9	26	65	10.7	1.6	1.3	5.2	53	6.5	0.07
	P20	10	14	76	11.9	1.5	1.5	5.0	54	6.0	0.08
	P30	10	8	82	13.1	1.45	1.8	4.8	56	5.5	0.14
	P40	14	12	74	12.6	1.35	1.9	4.6	56	5.5	0.14
M	M05	4.5	9.4	86.1	13.61	1.67					
	M10	6	10	84	13.1	1.7	1.35	6.0	58		
	M15	7	13	80	13.2	1.55	1.75	5.5	57		
	M20	5.5	8.5	86	13.9	1.55	1.9	5.5	57	5.5	0.12
	M30	10	6	84	13.4	1.45	2.1	5.5	60		
	M40	12	7	81	13.45	1.37	2.25	5.45	56		
K	K01	3.5	2	94.5	15.1	1.8	1.5	5.7	65		
	K05	5	0.3	94.7	14.96	1.72	1.25	5.7	65		
	K10	6	2	92	14.8	1.65	1.5	5.8	63	5.0	0.19
	K20	6	2	92	14.8	1.5	1.85	5.4	63		
	K30	9	-	91	14.6	1.4	2.0	5.0	59	5.5	0.16
	K40	12	-	88	14.3	1.3	4.5	4.5	58	5.5	0.16

Tabelul 2.17

Grupele de utilizare ale carburilor metalice pentru sculele aşchietoare

Grupa principală	Grupa utilizare	Materialul prelucrat	Dom. de utilizare	Procedee de prelucrare şi condiţiile procesului	Sens creştere Regim	Sens creştere Propr.
P	P01	Oţel turnat sau deformat plastic	Finisare şi finisare fină	Strunjire exterioară şi interioară. Viteze de aşchiere foarte mari, avansuri mici. Utilizare condiţionată de o structură bună a materialului, fără incluziuni de zgură şi retasuri, fără întreruperi. În sisteme tehnologice fără vibraţii se poate obţine o precizie dimensională foarte înaltă si o netezime a suprafeţei foarte fină		
	P10	Oţel turnat sau deformat plastic	Degroşare şi finisare	Strunjire prin copiere, filetare pe strung sau prin frezare. Viteze de aşchiere mari, avansuri mici până la mijlocii ($s<1$ mm/rot). Utilizare condiţionată de o adâncime uniformă şi fără întreruperi.		
	P20	Oţel turnat sau deformat plastic, fontă maleabilă cu aşchii lungi.	Degroşare şi finisare	Stunjire prin copiere, frezare. Viteze de aşchiere mijlocii, avansuri mici.		
	P30	Oţel turnat sau deformat plastic, fontă maleabilă cu aşchii foarte lungi.	Degroşare şi finisare	Strunjire cu viteze de aşchiere mijlocii până la mici, avansuri mijlocii până la mari, de asemenea în condiţii grele de lucru. Frezare, rabotare, găurire adâncă.		
	P40	Oţel turnat sau deformat plastic, fontă maleabilă cu aşchii lungi, eventual şi cu incluziuni de nisip şi retasuri	Degroşare şi finisare	Strunjire cu viteze de aşchiere mici, avansuri $s<3$ mm/rot, de asemenea în condiţii grele de lucru.		
	P50	Oţel cu rezistenţă mijlocie sau joasă, eventual cu incluziuni de nisip şi retasuri	Degroşare	Strunjire cu viteze de aşchiere mici şi avansuri mari ($s<4$ mm/rot), de asemenea în condiţii foarte grele de lucru, pentru care tenacitatea carburilor metalice este esenţială. Rabotare, mortezare, prelucrări pe automate.		
M	M10	Oţel turnat, oţel manganos, oţel inoxidabil, fontă cenuşie, fontă aliată, metale neferoase	Degroşare şi finisare	Utilizare universală, rezistent la uzare. Strunjire cu viteze mijlocii, până la mari, avansuri mici până la mijlocii.		
	M 20	Oţel turnat, oţel deformat plastic, oţel austenitic, fontă cenuşie, oţel manganos, fontă cu grafit nodular, fontă maleabilă.	Degroşare şi finisare	Utilizare universală cu rezistenţă la uzare. Strunjire, frezare. Viteze de aşchiere mijlocii, avansuri mijlocii		
	M 30	Oţel deformat plastic, oţel turnat, oţel austenitic, oţeluri rezistente la temperaturi înalte, fontă cenuşie.	Degroşare şi finisare	Utilizare universală cu rezistenţă la uzare. Strunjire, frezare, rabotare. Viteze de aşchiere mijlocii, avansuri mijlocii.		
	M 40	Oţel pentru automate, oţel cu rezistenţă mică, metale neferoase.	Degroşare şi finisare	Strunjire, strunjire profilată, retezare, îndeosebi pe maşini automate.		
K	K 01	Oţel călit, fontă dură, turnată în cochile cu duritatea HRC ≤ 60, fontă cenuşie dură, aliaje de aluminiu cu conţinut înalt de siliciu, materiale plastice cu înaltă acţiune abrazivă, carton tare, materiale ceramice.	Finisare fină şi finisare.	Strunjire exterioară şi interioară, frezare, răzuire.		
	K 10	Oţel călit, fontă cenuşie cu duritatea HB>220, aliaje de aluminiu cu conţinut de siliciu, materiale plastice, cauciuc dur, carton tare, sticlă porţelan, roci.	Degroşare şi finisare	Strunjire, burghiere, lărgire, alezare, frezare, broşare, răzuire.		
	K 20	Fontă cenuşie cu duritatea HB≤220, cupru, alamă, şi alte metale neferoase, lemn stratificat cu intensă acţiune abrazivă.	Degroşare şi finisare	Strunjire, rabotare, lărgire, alezare, frezare, broşare în cazurile când se cere o tenacitate mai mare a carburilor metalice.		
	K 30	Fontă cenuşie cu duritate mică, oţel cu rezistenţă mai joasă, lemn stratificat.	Degroşare şi finisare.	Strunjire, rabotare, mortezare; cazuri când se cere o tenacitate mare a carburilor metalice, precum şi în condiţii grele de lucru.		
	K 40	Metale neferoase, lemn moale şi lemn tare în stare naturală.	Degroşare şi finisare.	Strunjire, rabotare, mortezare; cazuri când se cere o tenacitate foarte mare a carburilor metalice, precum şi în condiţii grele de lucru.		

În figura 2.13 se ilustrează variaţia durităţii şi a rezistenţei la încovoiere a carburilor metalice în funcţie de conţinutul de TiC.

În afară de carburile metalice sinterizate obişnuite, relativ omogene, în ultimul timp se produc şi se folosesc din ce în ce mai des plăcuţe din carburi metalice acoperite cu straturi superdure. Majoritatea firmelor producătoare de plăcuţe şi-au orientat în ultimii ani cercetările în direcţia obţinerii prin diverse procedee proprii a unor tipuri noi de plăcuţe din carburi metalice acoperite cu straturi superdure simple sau multiple, cât mai stabile la temperaturi mari (v. tab. 2.18).

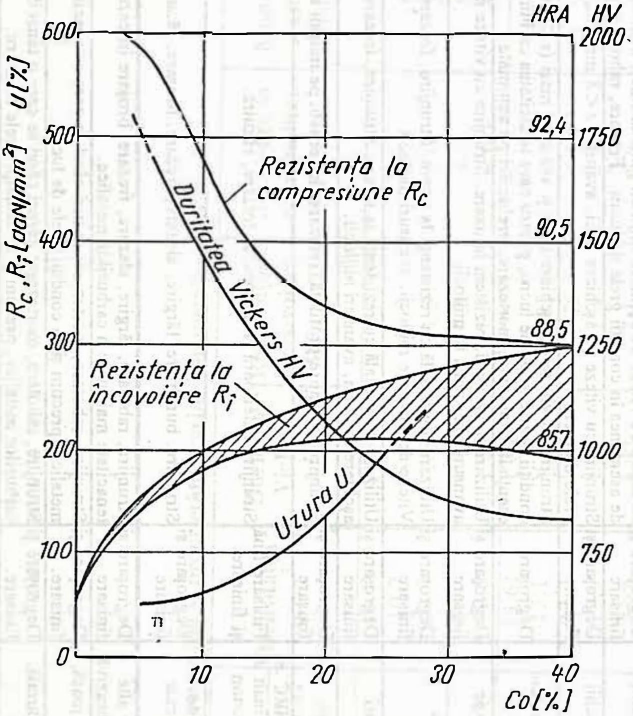


Fig. 2.11

Astfel, firma TELEDYNE FIRTH STERLING a realizat plăcuţe de WC acoperite cu nitrură de hafniu (HfN), având avantajul unor durităţi mari simultan cu cel al unei stabilităţi termodinamice superioare tuturor carburilor şi nitrurilor folosite în mod uzual.

În mod similar, firma KENNAMETAL produce plăcuţe de carburi metalice (WC+TiC+Ta(Nb)C+Co) acoperite cu un strat de TiC, peste care este depus un al II-lea strat de TiC+TiN, acoperit şi el cu un al III- lea strat de TiN, grosimea totală a acoperirilor fiind de 0,009 mm având grupa de utilizare P15...P 45 şi respectiv M15...M35 (simbol KC850). De asemenea produce sub codul KC950 plăcuţe din carburi (WC+TiC+Ta(Nb)C+Co) acoperite multistrat (TiC+Al_2O_3+TiN cu grosimi de 2 +2 + 3 μm) având grupa de utilizare P05 ... P30, M10 ... M 20 şi K05 ... K20, precum şi plăcuţe din carburi (WC+TiC+Ta(Nb)C+Co) acoperite multistrat cu TiC+Al_2O_3 cu grosimi respectiv de 6 +2 μm având codul KC910 şi grupele de utilizare similare plăcuţelor KC950.

În scopul creşterii capacităţii de aşchiere a sculelor armate cu plăcuţe din carburi metalice, cercetările producătorilor s-au orientat către proiectarea pe calculator (CAD/CAM) a unor tipuri optime ale plăcuţelor (fig. 2.14. *a, b*), în special pentru stabilirea formei şi dimensiunilor pragurilor de fragmentare a aşchiilor.

Firma Sandvik Coromant a adăugat la formele "clasice" de spărgătoare de aşchii imprimate, noi spărgătoare de aşchii spaţiale din seria *Q* (*-QF; -QM; -MR; QR*), *FL* şi *TMAX S - 53*, care în combinaţie cu noile tipuri de acoperiri multistrat asigură o calitate deosebită a sculelor, la un grad ridicat de universalitate a utilizării.

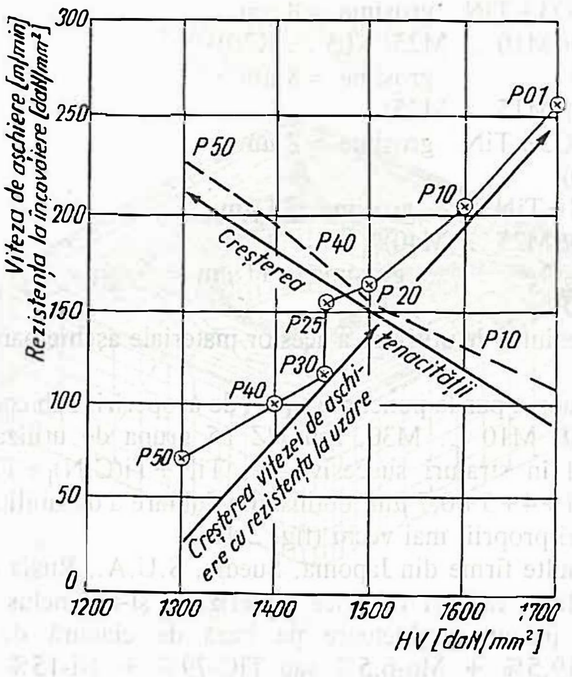


Fig. 2.12

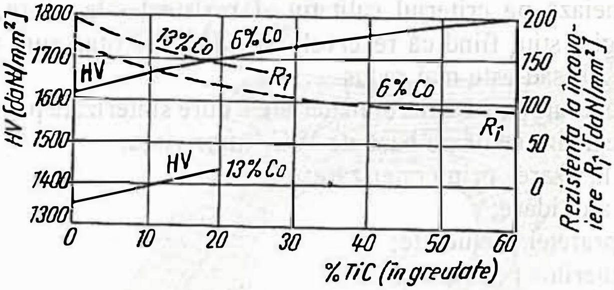


Fig. 2.13

Analiza feţei de degajare a plăcuţei aşchietoare cu geometria *MR* (fig. 2.14, *a*), evidenţiază prezenţa a trei zone:

1 - o zonă plană lată a sfărâmătorului de aşchii, care permite aşchierea cu avansuri mari;

2 - o zonă ondulată a sfărâmătorului de aşchii, care asigură controlul sigur al aşchiilor şi reducerea contactului dintre aşchii şi tăiş;

3 -zona tăişului robust, care permite aşchierea în regim discontinuu.

Acoperirile realizate de această firmă sunt:

- **GC 415**: TiC+Al2O3+TiN grosime ≈8 μm
  (P05 ... P30/ M10 ... M25/ K05 ... K20)
- **GC 425**: TiC+TiN grosime ≈8 μm
  (P10 ... P35/ M15 ... M25)
- **GC 435**: TiC+Al2O3+TiN grosime ≈8 μm
  (P15 ... P40)
- **GC 235**: TiC+TiN+TiN grosime ≈3 μm
  (P30 ... P50/ M25 ... M40)
- **GC 3015**: TiC+Al_2O_3 grosime ≈11 μm
  (K05 ... K20)

Extinderea domeniului de utilizare a acestor materiale aşchietoare este prezentată în figura 2.15.

Firma Widia-Krupp a pus la punct noi tipuri de acoperiri, sub codul *TZ 15* grupa de utilizare P10 ... P30/ M10 ... M30, sau *HZ 15* grupa de utilizare M10 ... M30/ K10...K20, constând în straturi succesive de: TiN+$Ti(C,N)_I$+$Ti(C,N)_{II}$+ZrN, cu grosimi respectiv de 1+4+5+0,7 μm, obţinând o dublare a durabilităţii sculelor faţă de alte tipuri de acoperiri proprii, mai vechi (fig. 2.16).

În ultimii ani, multe firme din Japonia, Suedia, S.U.A., Rusia etc. care produc şi oferă pe piaţa mondială carburi metalice sinterizate, şi-au inclus în programele de fabricaţie mărci de plăcuţe aşchietoare pe bază de cianură de titan, conţinând: Ti(CN)-74% + Ni-19,5% + Mo-6,5% sau TiC-79% + Ni-15% + Mo-6% şi alte compoziţii, fără W.

Tendinţa diversificării mărcilor comerciale de *CMS* fără wolfram, pe bază de carbură de titan se întemeiază pe criteriul calitativ al rezistenţei la uzare, cât şi pe criteriul economico-strategic, ştiut fiind că rezervele mondiale de titan sunt mai mari decât cele de wolfram şi costul său este mai redus.

În timpul procesului de aşchiere, materialele dure sinterizate pe bază de TiC prezintă caracteristici superioare celor pe bază de WC, în privinţa:

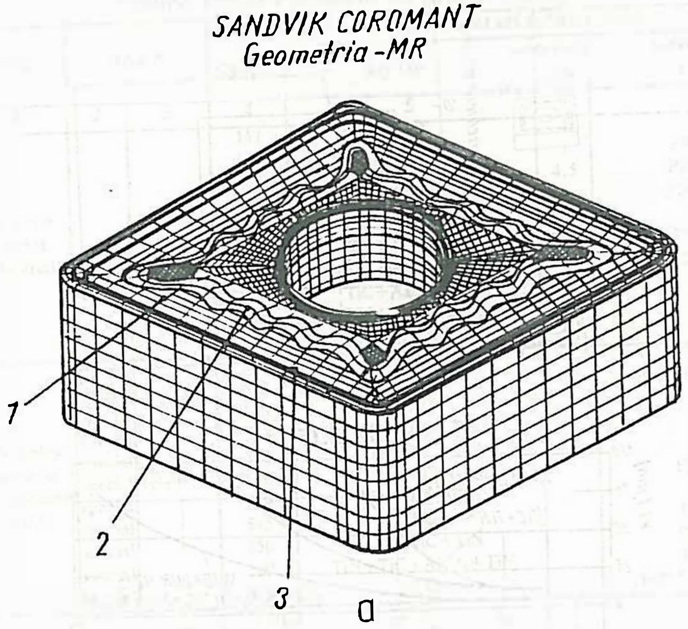
- rezistenţei la uzare, prin craterizare; ,
- rezistenţa la oxidare;
- calităţii suprafeţei prelucrate;
- lipsei depunerilor pe tăiş.

2.3.2 Tipuri de plăcuţe din carburi metalice

Carburile metalice sinterizate folosibile la armarea sculelor aşchietoare se fabrică sub formă de plăcuţe brazabile sau schimbabile.

2.3.2.1. Plăcuţe brazabile din carburi metalice. De regulă acestea sunt livrate sub formă de semifabricate, urmând ca forma părţii aşchietoare sa fie definitivată la fiecare reascuţire a sculei.

Există o varietate mare de tipodimensiuni, dintre care, cele mai folosite, fabricate de Intreprinderea de Mecanică Fină-Bucureşti sunt prezentate în tabelele 2.19 ... 2.21.


SANDVIK COROMANT
Geometria -MR
1
2
3
a

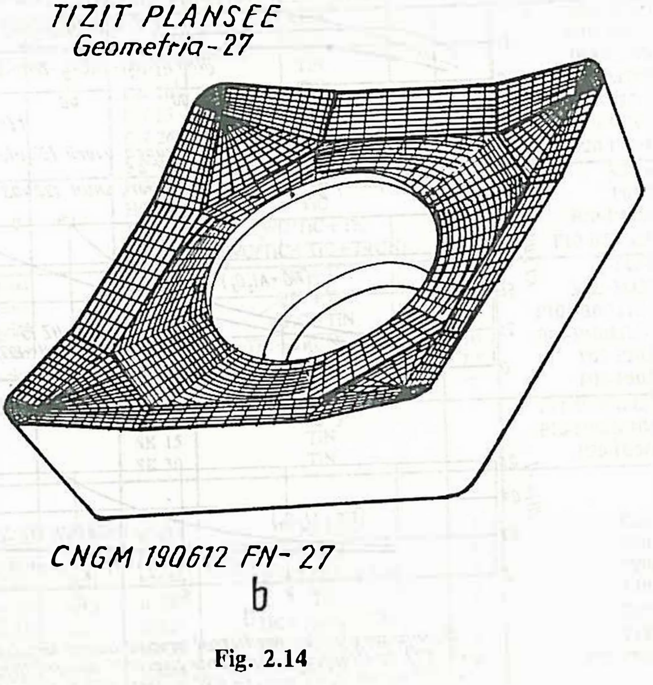

TIZIT PLANSEE
Geometria - 27
CNGM 190612 FN- 27
b

Fig. 2.14

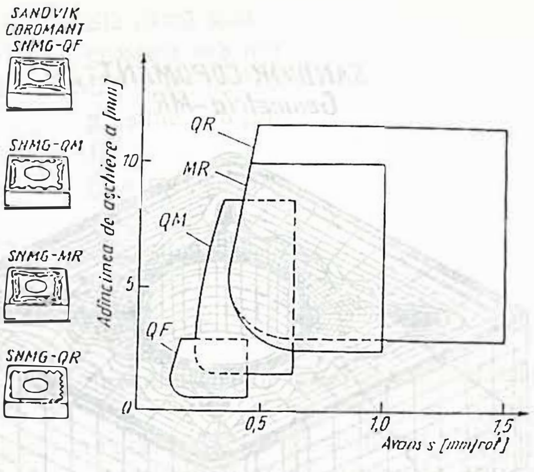
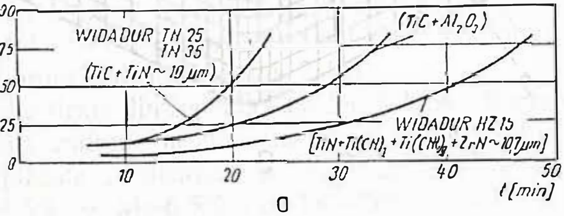
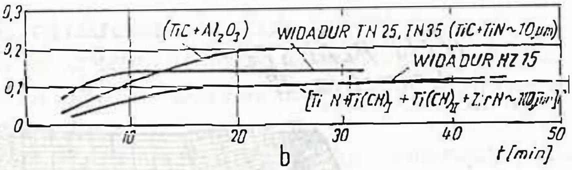


Fig. 2.15

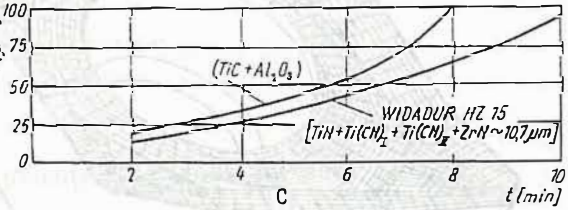


a

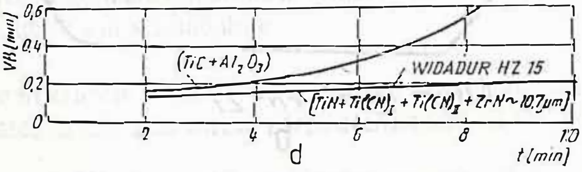


b

Influenta acoperirilor multistrat asupra uzurii tăișului (VB, KT) la strunjirea oțelului OLC 45 (v = 224 m/min, a_p = 2 mm, f = 0,28 mm/rot, SNUN 120408



c



d

Influenta acoperirilor multistrat asupra uzurii tăișului (VB, KT) la strunjirea unei fonte cu grafit nodular (HB260) (v = 160 m/min, a_p = 2 mm, f = 0,28 mm/rot, SNUN 120408

Fig. 2.16

Tabelul 2.18

Carburi metalice acoperite cu straturi superdure

Mărci comerciale	Firma	BAZA		Straturi de suprafață			
				Simbol	Tip	Gros. µm	Grupa de utilizare conform ISO
0	1	2	3	4	5	6	7
Böhlerit Royal	Böhlerit GmbH (Austria)			111	TiC	4	K05-K20
				121	TiC	4	P10-P35/K05-K20
				131	TiC	4.5	P25-P45/M15-M20
				141	TiC	4	P30-P50/M20-M40
				341	TiC+TiN+TiC+Ta(CN)	10	P25-P40
				421	TiC+Al2O3+TiN	9	P05-P30/K05-K20
				432	TiC+Al2O3+TiN	7	P25-P45/M15-M20
				615	TiC+Al2O3+TiN	6	K05-K20
				625	TiN+TiC+Ti(CN)	6	P10-P30
				635	TiN+TiC+(CN)	6	P20-P40
Carboloy	Carboloy Systems Departement (SUA)	special		515	TiC		P20-P30/M20-M3
		special		518	TiC		P30-P40/M20-M30/K20-K30
		special		523	TiC		K10-K25
		special		533	TiN+TiC+TiN		K10-K20
		special		536	TiN+TiC+TiN		P20-P30
		special		538	TiN+TiC+TiN		P30-P40/M30-M40
		special		539	TiN+TiC+TiN		P15-P35
		special		545	Al_2O_3		P01-P10/K01-K10
		special		550	TiN+TiC+TiN		P20-P40/M30-M40
		special		560	TiN+TiC+Al_2O_3+TiN		P15-P30/K10-K20
		special		570	Al_2O_3		P05-P25/M10-M20/K05-K20
Carmesin	IMF București (România)			TIT 01	TiC	5	P20-P40
				TIT 11	TiC	5	P10-P30
				TIT 21	TiC	5	K10-K20
				TIT	TiC+Ti(CN)+TiN	8	P20-P40
				TIT 10	TiC+Ti(CN)+TiN	8	P10-P30
				TIT 20	TiC+Ti(CN)+TiN	8	K10-K20
Diamond	Zhuzhou Cemented Carbide Industry Co (China)			CA 15	Al_2O_3		M05-M20/K05-K20
				CA 25	Al_2O_3		M10-M30/K20-K30
				CN 15	TiN		P05-P20/K05-K20
				CN 16	TiN		M05-M20/K05-K20
				CN 25	TiN		P10-P30/K10-K30
				CN 26	TiN		M10-M30/K20-K30
				CN 35	TiN		P20-P40/K20-K40
Harthü	VEB Hartmetallwerk Immelborn			HG412	TiC		K10-K20
		G 10	K10	HG410	TiC		P01-P20
				HS420	WC/TiC+TiC		P20-P40/M20-M30
				HU510	WC/TiC+TiC+Ti(CN)	8-10	P10-P20/M10-M20/K10
Hertel	Hertel AG Werkzeuge + Hartstoffe (Germania)	special		CF 2	TiC+TiN	5	P15-P40
		special		CF 3	TiC+TiN	6	M05-M15/K05-K15
		special		CM 2	TiC+TiN	8	P10-P30/M10-M15/K10-K15
		special		CM 3	TiC+Ti(CN)+TiN	10	P10-P40/M15-M20/K10-K20
		special		CP 1	TiC+Al_2O_3	7,5	P05-P20/K05-K10
		special		CP 3	TiC+Al_2O_3	7	P05-P30/K10-K15
Impero	Impero Sp A (Italia)			SK 10	Al_2O_3		P01-P20/M05-M20/K01-K15
				SK 15	TiN		P10-P30/M10-M30/K05-K20
				SK 30	TiN		P20-P35/M20-M40
Iscar	Iscar Ltd (Israel)						
		special	K15	IC428	Al_2O_3	7	K05-K20
		special	P40	IC540	Ti(CN)	6	P20-P40
		special	P40	IC656	TiC+Ti(CN)+TiN	8	P20-P40
		special	M15	IC757	TiC	7	P10-P30
		special	M15	IC815	TiC+Al_2O_3+TiN	8	P05-P35
		special	M25	IC835	TiC+Al_2O_3+TiN	8	P15-P40
		special	M15	IC848	Al_2O_3	8	P05-P30/K05-K20

Tabelul 2.18 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7
ISG Böhlerit Royal	Ipari Szerelveny es Gepgyar (Ungaria)	special		111		3-7	K05-K20
		special		121		3-7	P10-P30
		special		131		3-7	P20-P40
		special		141		4-8	P30-P45/M20-M30
		special	K20	421	$TiC+Al_2O_3+TiN$	6-8	K05-K20
		special	P40	432	$TiC+Al_2O_3+TiN$	6-8	P20-P40/M10-M30
		special		615	TiN+TiC+Ti(CN)	6-8	K05-K20
		special		625	TiN+TiC+Ti(CN)	6-8	P10-P30
		special		635	TiN+TiC+Ti(CN)	6-8	P20-P40
Kennametal	Kennametal Inc			KC210	TiC+Ti(CN)+TiN	5	K05-K20
				KC250	TiC+Ti(CN)+TiN	5	K30-K40
				KC710	TiN(PVD)		P25-P35
				KC810	TiC+Ti(CN)+TiN	5	P15-P30/M10-M20
				KC820	TiC+Ti(CN)+TiN		P15-P25
				KC850	TiC+Ti(CN)+TiN	5	P20-P50/M10-M30
				KC910	$TiC+Al_2O_3$		P01-P15/M05-M15/K01-K20
				KC950	$TiC+Al_2O_3+TiN$	6-10	P01-P30/M05-M20/K01-K20
Poldi Dindur	Pramet Sumperk (R.Cehă)	H10	K10-K20	DK010	Ti(CN)		K05-K20
		S20	P10-P20	DP020	Ti(CN)		P10-P20
		U30	P15-P30 M10-M20 K10-K20	DP030	Ti(CN)		P10-P30/M10-M20/K10-K20
		U10	M10	DP220	$TiC+TiN+Ti(CN)+Al_2O_3$		M05-M10
		S45	P40-P50	DP340	$TiC+Ti(CN)+Al_2O_3+TiN$		P40-P50
		S30	P30	DP515	Ti(CN)+TiC+Ti(CN)+TiN		P30
		U30	P15-P30 K10-M20	DP525	Ti(CN)+TiC+Ti(CN)+TiN		P10-P30/M10-M20/K10-K20
		special	K10-K20	DP535	Ti(CN)+TiC+Ti(CN)+TiN		P10
Safety	Safety SA (Franța)			MT 140	TiC	5	P25-P40/M15-M30
				MT 310	TiC	5	M10-M15/K05-K20
				OR 105	Al_2O_3		P05-P30/M10-M20/K05-K20
				OR 110	TiC+TiN	7-8	P05-P35/M10-M40/K05-K20
				OR 305	Al_2O_3		K05-K20
				SK 30	TiC+TiN	5-7	P25-P40/M10-M40
Sandvik Coromant	AB Sandvik Coromant (Suedia)	special		GC 015	$TiC+Al_2O_3$	7	P05-P35/K05-K20
		special		GC 120	TiN+TiC+TiN	7	P10-P30
		special		GC 135	TiC	5	P25-P45/M15-M20
		special		GC 225	TiN+TiC+TiN	3	P10-P30
		special		GC 235	TiN+TiC+TiN	3	P30-P50/M20-M40
		special		GC 310	$TiC+Al_2O_3$	7	K05-K20
		special		GC 315	TiC	5	M15-M20/K05-K20
		special		GC 320	$TiC+Al_2O_3$	4	K10-K25
		special		GC 415	$TiC+Al_2O_3+TiN$	8	P05-P30/K05-K20
		special		GC 425	TiC+TiN	8	P10-P35/M10-M20
		special		GC 435	$TiC+Al_2O_3+TiN$	8	P25-P45/M15-M25
		special		GC1025	TiC	6	P10-P35/K05-K20
		special		GC3015	$TiC+Al_2O_3$	11	K05-K20
Seco	Seco Tools AB (Suedia)			CK 20	TiN+TiC+TiN	4	P10/K10-K20
				CM 20	TiN+TiC+TiN	4	P10-P20
				CP 30	TiN+TiC+TiN	5	P10-P20
		special		T 15 M	$TiC+Ti(CN)+Al_2O_3+TiN$	7	K05-K15
		special		T 25 M	TiN+TiC+TiN	4	P15-P40/M30-M40/K30-K40
		special		TP 10	$TiC+Al_2O_3+TiN$	8	P05-P25/M10-M20/K10-K20
		special		TP 15	$TiC+Ti(CN)+Al_2O_3+TiN$	7	P05-P25/M05-M20/K05-K20
		special		TP 20	$TiC+Al_2O_3+TiN$	8	P10-P35/M20
				TP 35	TiC	5	P20-P35/M15-M30
				TP 45	TiC	4	P35-P50/M30-M40/K40
				TX 10	$TiC+Al_2O_3+TiN$	7	P05-P15/M05-M15/K05-K15

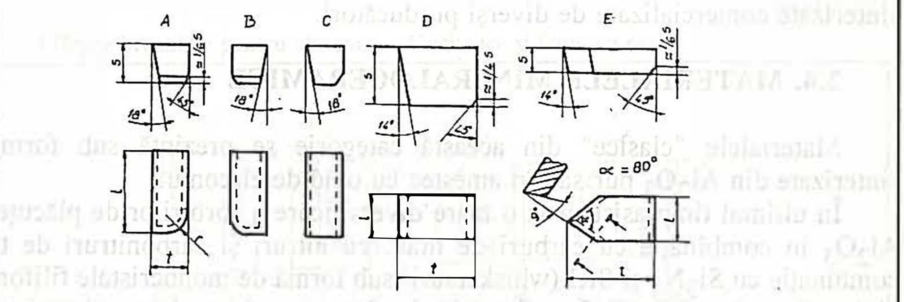
Tabelul 2.18 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7
Tizit	Metallwerk Plansee GmbH (Austria)	special		Gm 15	TiC+Ti(CN)+TiN	10-12	P05-P20/K05-K20
		special		Gm 16	TiC+Ti(CN)+TiN	5	M10-M20/K05-K20
		special		Gm 25	TiC+Ti(CN)+TiN	10-12	P10-P30/K10-K30
		special		Gm 26	TiC+Ti(CN)+TiN	5	P10-P30/K10-K30
		special		Gm 35	TiC+Ti(CN)+TiN	10-12	P20-P40/M20-M30
		special		Gm 36	TiC+Ti(CN)+TiN	5	P20-P40/M20-M30
		special		Gm 176	TiC+TiN	5-6	M05-M20/K05-K20
		special		Sr 17	TiC+Ti(CN)+TiN+str.ceram.	8	P05-P25/M05-M20/K05-K20
Valenite	GTE Valeron Corporation	special	P20-P30	V 1 N	TiN		P30-P50/M30-M40/K20-K40
		special		V 88	TiC		P01-P30/M10-M30/K01-K30
		VC 5		VN 5	TiN		P10-P20/M10-M20
		special		VN 8	TiN		P10-P30/M20-M30/K10-K30
		special		V 01	compozit ceramic		P01-P30/M10-M30/K01-K20
		special		V 05	compozit ceramic		P01-P30/M05-M20/K01-K20
Votnait	Unis Ro (Sintal) (Iugoslavia)	HV 18	K20-K40 M30-M40 P30-P40	THCH	Ti(CN)	10	K20-K40
		SV 25		TNCS	Ti(CN)	10	P10-P40
Walter	Walter Hardmetall GmbH (Germania)		P15	WHN33	HfN	10-15	P01-P20
			P40	WHN53	HfN	10-15	P10-P35/M20-M30
			P15	WTN33	Ti(CN)+TiN	10-12	P15-P20/K10-K20
			P40	WTN43	Ti(CN)+TiN	10-12	P20-P35/K20-K35
Widia	Krupp Widia GmbH (Germania)	special		TN25	TiC+TiN	10	P10-P35/M20-M30
		special		TN25M	TiC+Ti(CN)+TiN	10	P10-P35/M15-M30
		special		TN35	TiC+TiN	10	P20-P45/M20-M40
		special		TZ15	TiN+$Ti(CN)_I$+$Ti(CN)_{II}$+ZrN	10,7	P10-P30
		special		HZ15	TiN+$Ti(CN)_I$+$Ti(CN)_{II}$+ZrN	10,7	K10-K20
		special		HK15	str.mult. TiC+TiN+Al(O,N)	8	M05-M30/K01-K20
		special		HK15M	str.mult.TiC+TiN+Al(O,N)	8	M05-M20/K05-K20
		special		TK15	str. mult.TiC+TiN+Al(O,N)	8	P05-P30/M05-M30

2.3.2.2. Plăcuţe schimbabile din carburi metalice. În construcţia diferitelor scule cu tăişuri metalice se folosesc în prezent un număr foarte mare de forme şi dimensiuni de plăcuţe, ceea ce a impus necesitatea standardizării lor, în multe ţări şi chiar la nivel mondial, şi a simbolizării codificate a diferitelor elemente ale formei şi dimensiunilor plăcuţelor.

Tabelul 2.19

Plăcuţe brazabile pentru strunjire (forme şi dimensiuni)

FORME	
Dimensiuni	l=3.5...40; t=3...25; s=r=2...14 [mm]

În România, STAS 9130/6-89, în corespondenţă cu ISO 1832-1985 stabileşte simbolizarea plăcuţelor schimbabile, inclusiv a celor mineralo-ceramice, prin 7 simboluri principale urmate de 3 simboluri suplimentare, notate succesiv în următoarea ordine:

Litere majuscule Numere Număr Literă Litere majuscule Număr

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Alte caracteristici
Direcţia de aşchiere
Tipul tăişurilor
Forma vârfului
Grosimea plăcuţei
Mărimea plăcuţei
Particularităţi constructive
Clasa de precizie
Unghiul de aşezare normal
Forma plăcuţei

Simbolurile din poziţiile 8...10 se utilizează numai în cazuri justificate.

Un exemplu de simbol este următorul: *T P G N 16.03.08 E N-X2* simbolizând conform STAS 9130/89 o plăcuţă triunghiulară, cu unghiul $\alpha = 11°$, având clasa de precizie *G*, fără sfărâmător de aşchii, fără alezaj pentru fixare, având lungimea laturii $l = 16{,}50$ mm, grosimea $s = 3{,}18$ mm şi raza la vârf $r = 0{,}8$ mm, cu muchii rotunjite şi având direcţia de aşchiere dreapta sau stânga.

În tabelul 2.22 se prezintă simbolurile şi elementele caracteristice ale plăcuţelor schimbabile în conformitate cu STAS 9130/1-89...STAS 9130/5-89 şi cu standardul ISO 1832.2-1985.

Formele şi dimensiunile caracteristice ale plăcuţelor din producţia curentă a IMF sunt prezentate în tabelul 2.23. Există numeroase alte forme de plăcuţe fabricate de diverşi producători. În tabelul 2.24 se prezintă cele mai cunoscute sorturi de carburi metalice sinterizate comercializate de diverşi producători.

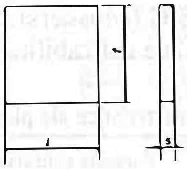
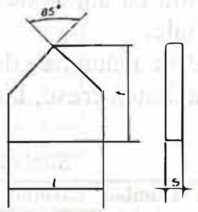
2.4. MATERIALELE MINERALOCERAMICE

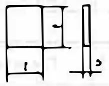
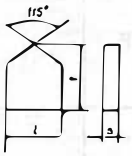
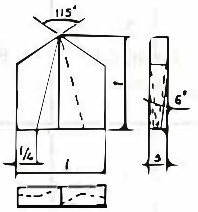
Materialele "clasice" din această categorie se prezintă sub formă de plăcuţe sinterizate din Al_2O_3 pur sau în amestec cu oxid de zirconiu.

În ultimul timp asistăm la o mare diversificare a sorturilor de plăcuţe realizate din Al_2O_3 în combinaţie cu carburi de titan, cu nitruri şi carbonitruri de titan, ca şi în combinaţie cu Si_3N_4 şi SiC-(whiskersuri) sub formă de monocristale filiforme, în scopul obţinerii unei tenacităţi cât mai mari, simultan cu refractaritatea şi rezistenţa mecanică ridicată, superioare plăcuţelor din carburi metalice.

Tabelul 2.20

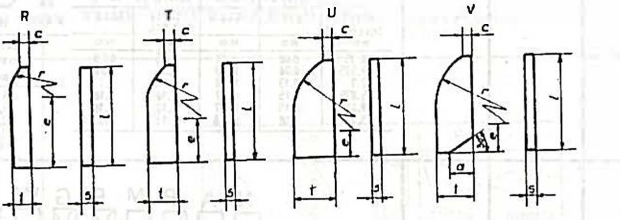
Plăcuţe brazabile pentru burghie.

A. Condiţii uşoare de aşchiere		
	l = 2 ... 4	l = 4,5 ...31
FORME		
Dimensiuni	$l=2_0^{+0,3}...31_0^{+0,9}$; $t=4...29$; $s=0,3_{-0,1}^{0}...35_{-0,3}^{0}$;	

B. Condiţii grele de aşchiere			
	l = 2 ... 4	l = 4,5 ... 8	l = 8,5 ... 31
FORME			
Dimensiuni	$l=2_0^{+0,3}...31_0^{+0,9}$; $t=3...22,4$; $s=0,3_{-0,1}^{0}...5_{-0,4}^{0}$;		

Tabelul 2.21

Plăcuţe brazabile pentru alezoare, adâncitoare şi freze cu coadă

FORME	
Dimensiuni	$l=12_0^{+0,6}...30_0^{+0,9}$; $s=0.8_{-0,1}^{0}...4\mp 0,3$; $t=2...12$; $e=5...11$; $c=0.8...3$; $a=4;5;8$; $r=15;25;40$

Sunt indicate mai ales în prelucrările de semifinisare şi finisare a materialelor ce produc uzura abrazivă a sculelor, la regimuri fără vibraţii şi şocuri. Se folosesc la strunjire şi mai rar la frezare, cu viteze mari şi avansuri mici, asigurând durabilităţi relativ mari la viteze superioare celor permise de carburile metalice.

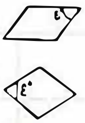
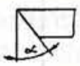
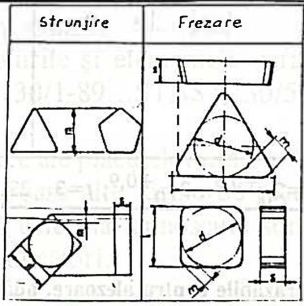
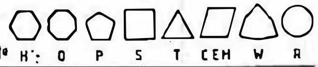
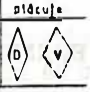
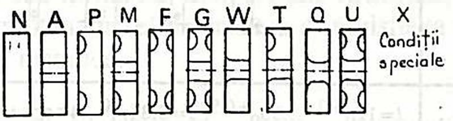
Forma şi dimensiunile plăcuţelor mineraloceramice sunt date în STAS 9130/6-89.

În figura 2.17 se ilustrează stabilitatea termică a durităţii plăcuţelor din oxid de aluminiu cu adaos de oxid de zirconiu (ZrO_2) comparativ cu stabilitatea termică a altor materiale.

Prin adăugarea de 20% inserţii de SiC (whiskers), rezistenţa mecanică la încovoiere şi tenacitatea cresc, lărgindu-se domeniul de aplicabilitate al plăcuţelor mineraloceramice.

Tabelul 2.22

Simbolizarea elementelor caracteristice ale plăcuţelor schimbabile.

Poziţia în simbol Caracteristici	Exemplu simbol Strunjire	Exemplu simbol Frezare	Variante conform ISO 1832.2 şi simboluri
0	1	2	3
1 Forma plăcuţei	T	S	 (see tables 1a, 1b below)
2 Unghiul de aşezare	P	P	 (see table 2 below)
3 Toleranţele de execuţie	M	K	 (see tables 3a, 3b, 3c below)  
4 Existenţa spărgătorului de aşchii şi a alezejului central	R	N	

Simbol	A	B	K	L
ε°	85	82	55	90

Simbol	C	D	E	M	V
ε°	80	55	75	86	35

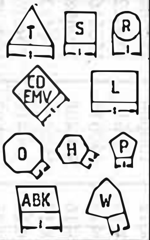
Simbol	A	B	C	D	E	F	G	N	P	O
α°	3	5	7	15	20	25	30	0	11	alte unghiuri

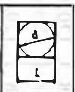
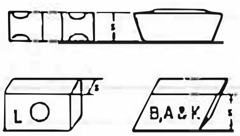
Simbol	Toleranţe mm m	s	d
A	±0,005	±0,025	±0,025
F	±0,005	±0,025	±0,013
C	±0,013	±0,025	±0,025
H	±0,013	±0,025	±0,013
E	±0,025	±0,025	±0,025
G	±0,025	±0,13	±0,025
J	±0,005	±0,025	±0,05 ±0,013
K	±0,013	±0,025	±0,05 ±0,13
L	±0,025	±0,025	±0,05 ±0,13
M	±0,08 ±0,18	±0,13	±0,05 ±0,13
N	±0,08 ±0,18	±0,13	±0,05 ±0,13
U	±0,13 ±0,38	±0,13	±0,08 ±0,25

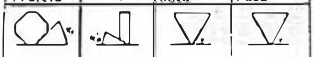
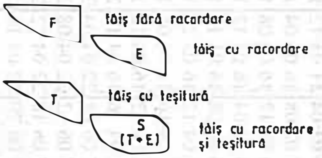
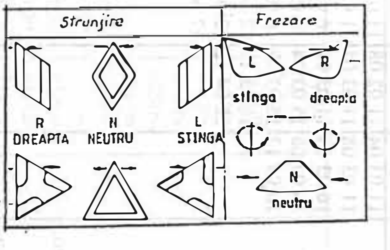
Cercul înscris, d	Toleranţe la m Clasa M	Toleranţe la m Clasa U	Toleranţe la d Clasele H,J,K,L	Toleranţe la d Clasa U
mm	mm	mm	mm	mm
6,35	0,08	0,13	0,05	0,08
9,525	0,08	0,13	0,05	0,08
12,7	0,13	0,20	0,08	0,13
15,875	0,15	0,27	0,10	0,18
19,05	0,15	0,27	0,10	0,18
25,4	0,18	0,38	0,13	0,25

Cercul înscris, d	Toleranţe la d Clasa M	Toleranţe la m Clasa M	Forme de plăcuţe
mm	mm	mm	
6,35	0,11	0,05	D V
9,525	0,11	0,05	
12,7	0,15	0,08	
15,875	0,18	0,10	
19,05	0,18	0,10	

Tabelul 2.22 (continuare)

<table>
<tr><th>0</th><th>1</th><th>2</th><th>3</th></tr>
<tr><td>5
Mărimea</td><td>16</td><td>12</td><td>

<table>
<tr><td>Numărul natural proxim inferior
Ex: 6,35 = 06</td><td> </td><td>d</td><td></td><td> </td></tr>
<tr><td></td><td>mm</td><td>mm</td><td>mm</td><td>mm</td></tr>
<tr><td></td><td>06</td><td>3,96</td><td>03</td><td>06</td></tr>
<tr><td></td><td>09</td><td>5,55</td><td>05</td><td>08</td></tr>
<tr><td></td><td>11</td><td>6,35</td><td>06</td><td>10</td></tr>
<tr><td></td><td>16</td><td>9,525</td><td>09</td><td>12</td></tr>
<tr><td></td><td>22</td><td>12,7</td><td>12</td><td>16</td></tr>
<tr><td></td><td>27</td><td>15875</td><td>15</td><td>20</td></tr>
<tr><td></td><td>33</td><td>19,05</td><td>19</td><td>25</td></tr>
<tr><td></td><td>44</td><td>25,4</td><td>25</td><td>32</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>6
Grosimea</td><td>03</td><td>03</td><td>

<table>
<tr><td>s(mm)</td><td>1,59</td><td>1,98</td><td>2,38</td><td>3,18</td><td>3,97</td><td>4,76</td><td>5,56</td><td>6,35</td><td>7,94</td><td>9,52</td><td>12,7</td></tr>
<tr><td>Simbol</td><td>01</td><td>T1</td><td>02</td><td>03</td><td>T3</td><td>04</td><td>05</td><td>06</td><td>07</td><td>09</td><td>12</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>7
Detalii ale tăişurilor</td><td>08</td><td>ED</td><td>
<table>
<tr><td></td><td colspan="2">Frezare</td><td>Strunjire</td></tr>
<tr><td>Fateta</td><td>αn</td><td>Raza</td><td>Raza</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>A - 45°
D - 60
E - 75
F - 85
P - 90
Z - alte unghiuri</td><td>A - 3°
B - 5°
C - 7°
D - 15°
E - 20°
F - 25°
G - 30°
N - 0°
P - 11°
Z - alte unghiuri</td><td>00 ascuţit
02 - 0,2
04 - 0,4
08 - 08
12 - 1,2
16 - 1,6
20 - 2,0
24 - 2,4
32 - 3,2
X - alte raze</td><td>00 ascuţit
02 - 0,2
04 - 0,4
08 - 08
12 - 1,2
16 - 1,6
20 - 2,0
24 - 2,4
32 - 3,2
X - alte raze</td></tr>
<tr><td colspan="4">M0 plăcuţă rotundă</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>8
Tipul tăişurilor</td><td>T</td><td>S</td><td>
</td></tr>
<tr><td>9
Direcţia de aşchiere</td><td>N</td><td>R</td><td>
</td></tr>
<tr><td>10
Alte caracteristici</td><td>X2</td><td>X2</td><td>Menţiuni speciale ale producătorului, de exemplu: forma sfărmătorului de aşchii.</td></tr>
</table>

Tabelul 2.23

Tipodimensiuni de plăcuţe din carburi metalice fabricate de CARMESIN SA Bucureşti

Simbolurile 1...4	TPGR	TPGN	TPUN	TNMM	TNMG	TNMF	TNMA	TNUN	TNGN	TPMR	SPGN	SPUN	SPMR	SNMG	SNMM	SNMF
	11 03 04	11 02 08	11 03 04	11 03 04	11 03 04	11 03 04	11 03 00	110308	110304	090200	090304	090308	090304	090304	090304	090304
	11 03 08	11 03 04	11 03 08	11 03 08	11 03 08	11 03 08	11 03 04	160308	160308	090204	090308	120304	090308	090308	090308	090308
	16 03 04	11 03 08	16 03 04	16 03 04	11 03 12	16 03 04	11 03 08	160312	160312	090208	120308	120308	120304	090312	090312	090312
	16 03 08	16 03 04	16 03 08	16 03 08	16 03 04	16 03 08	16 03 00	160408	160408	110304	120312	120312	120308	120308	120308	120304
	16 03 12	16 03 08	16 03 12	16 03 12	16 03 08	16 03 12	16 03 04	160412	160412	110308	150408	150408	120312	120404	120404	120308
		16 03 12	22 04 12	16 04 04	16 03 12	16 04 04	16 03 08	220408	220408	160304	150412	150412	120404	120408	120408	120312
		22 04 12	22 04 16	16 04 08	16 03 16	16 04 08	16 04 04	220412	220412	160308	190400	190416	120408	120412	120412	120404
			27 06 16	16 04 12	16 03 24	16 04 12	16 04 08	270616		160312	190416	250616	120412	120416	120416	120408
				16 04 16	16 04 08	16 04 16	16 04 12			160404		250620	120416	120420	120420	120412
				22 04 12	16 04 12	22 04 08	16 04 16			160412		250720	150412	150412	150412	120416
				22 04 16	16 04 16	22 04 12	16 04 24			160416			150416	150416	150416	120420
				27 06 08	22 04 04	22 04 16	22 04 00			220408			150612	150608	150608	150412
				27 06 12	22 04 08	27 06 12	22 04 04			220412			150616	150612	150612	150416
				27 06 16	22 04 12	27 06 16	22 04 08			220416			190412	150616	150616	150612
				33 06 20	22 04 16	27 06 25	22 04 12			270612			190416	190408	190408	150616
Simbolurile 5...7				33 07 16	22 04 24	33 06 20	22 04 16			270616			190612	190412	190412	190412
				33 07 20	22 04 32	33 07 20	22 04 24			270625			190616	190416	190416	190416
				33 07 24	27 06 08	33 07 24	22 04 32			330608			190625	190608	190608	190612
				33 09 25	27 06 12	33 07 25	27 06 08			330925			250616	190612	190612	190616
					27 06 16		27 06 12						250625	190616	190616	190625
					22 06 32		27 06 16						250925	190624	190624	250616
					33 06 20		33 06 20							250616	250616	250620
					33 07 16		33 07 20							250620	250620	250625
					33 07 20		33 07 24							250624	250624	250724
					33 07 24		33 09 24							250716	250716	250925
					33 09 16		33 09 25							250720	250702	
					33 09 24									250724	250724	
					33 09 25									250916	250916	
														250924	250924	
														250925	250925	

Notă: In fabricaţia curentă mai există şi următoarele tipodimensiuni:

a) TPKN: 2204 PDR (dreapta), 2204 PDL (stânga);

b) SPGR: 090304, 090308, 120304, 120308, 120312.

Tabelul 2.23 (continuare)

Simbolurile 1..4	SNMA	SNUN	SNGN	SNKN	SPKN	CNMA	CNMM	CNMG	DNMA	DNMM	DNMG	RNMG	KNUX dreapta	KNUX stânga
	090304	090308	090304	1204 EN	1203 EDR	120408	120408	120408	150408	150408	150408	090300	160405R11	160405L11
	090308	120304	120304	1504 EN	1203 EDL	120412	120412	120412	150412	150412	150412	120400	160410R11	160410L11
	090312	120308	120308	1204 EN	1504 EDR	150408	150408	150408	150608	150608	150608	150600	160405R11	160405L12
	120404	120312	120312	1504 EN	1504 EDL	150412	150412	150412	150612	150612	150612	190600	160410R12	160410L12
	120408	120408	120404		1203 EDR	150416	150416	150416	190608	190608	190608	250900	160415R12	160415L12
	120412	120412	120412		1203 EDL	190612	190612	190412	190612	190612	190612	310900	160415R13	160415L13
	120416	120416	150408		1504 EDR	190616	190616	190416	190616	190616	190616		220410R11	220410L11
	120420	150412	150412		1504 EDL	250925	250925	190612					220410R12	220410L12
	150412	150416	190412					190616					220415R13	220415L12
	150416	190412	190416					250925						220415L13
Simbolurile 5..7	160616	190416												
	190416	250624												
	190612	250720												
	190616													
	250620													
	250720													
	250724													
	250916													
	250924													
	250925													
	150612													

Tabelul 2.24

Sorturi de carburi metalice sinterizate pentru plăcuţe destinate sculelor aşchietoare.

Marca	Producător	Grupa de utilizare P: Culoare bleu ←— Rezistenţa la uzură; Tenacitate —→										
		P01	P05	P10	P15	P20	P25	P30	P35	P40	P45	P50
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Böhlerit	Böhlerit GmbH (Austria)		421 SBX	121 421 625 SB10	121 421 625 SBF	121 421 625 635 SB20 SBF	121 131 341 421 432 625 635 SBF	121 131 141 341 421 432 625 635 SB30 SBF	121 131 141 341 432 635 SBF	131 141 341 432 635 SB40	**131** **141** **341** **432**	**141** **341** **SB50**
Carboloy	Carboloy Systems Department (SUA)	545	350 545 570	350 545 570	350 375 539 560 570	370 375 380 395 515 536 539 550 560 570	370 375 380 390 395 515 536 539 550 560 570	370 375 380 395 515 518 536 538 539 550 560	370 375 390 518 538 539 550	390 518 538 550 820	390 820	820
Carmesin	IMF Bucureşti			P1 TIT10 TIT11	TIT10 TIT11	P2 TIT TIT01 TIT10 TIT11	TIT TIT01 TIT10 TIT11	P4 TIT TIT01 TIT10 TIT11	TIT TIT01	P6 TIT TIT01		
Diamond	Zhuzhou Cemented Carbide Industry (China)	YN05 YN10	CN15 YN10	CN15 CN25 YT05	CN15 CN25	CN15 CN25 CN35 YT14	CN25 CN35 YC35 YS30	CN25 CN35 YC35 YS30 YT15	CN35 YS30	CN35 YC45	YC45	YC45
Electro-impex	Electroimpex (Bulgaria)	T60K6		T15K6 T15K6 T		T14K8		T5K10				
Harthü	VEB Hartmetall-werk Immelborn (fosta RDG)	HS02 HS021 HS410 HU510	HS021 HS410 HU510	HS10 HS021 HS123 HS410 HU510	HS123 HS410 HU510	HS20 HS123 HS410 HS420 HU510	HS25 HS123 HS420	HS530 HS123 HS345 HS420	HS345 HS420	HS40 HS345 HS420	HS345	HS50 HS345

Marca	Producător	Grupa de utilizare M: Culoare galben ←— Rezistenţa la uzură; Tenacitate —→						Grupa de utilizare K: Culoare roşu ←— Rezistenţa la uzură; Tenacitate —→						
		M05	M10	M15	M20	M30	M40	K01	K05	K10	K15	K20	K30	K40
0	1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Böhlerit	Böhlerit GmbH (Austria)		EB10	131 432 EB15	131 141 432 EB20	141 EB30	141 EB40		111 121 421 615 HB01 HB105	111 121 421 615 HB10 HB105	111 121 421 615 HB105	111 121 421 615 HB20	HB30	HB40
Carboloy	Carboloy Systems Department (SUA)	895	570 895	570 883	515 518 570 883	44A 390 515 518 538 550 883	44A 390 538 550	545 999	545 570 895 905 999	523 533 545 560 570 875 883 895	523 533 560 570 875 883	518 523 533 560 570 875 883	44A 518 883	44A
Carmesin	IMF Bucureşti		M1		M2	M3				K1 TIT20 TIT21	TIT20 TIT21	K2 TIT20 TIT21	K3	K4
Diamond	Zhuzhou Cemented Carbide Industry (China)	CA15 CN16	CA15 CA25 CN16 CN26 YM051 YM052 YM053 YW1	CA15 CA25 CN16 CN26	CA15 CA25 CN16 CN26 YW2	CA25 YS2	YS2	YG3X	CA15 CN15 CN16 YD05	CA15 CN15 CN16 CN25 YD15 YG6A	CA15 CN15 CN16 CN25 YD15	CA15 CA25 CN15 CN16 CN25 CN26 YG6 YG8N	CA15 CN25 CN26 YG8N YS2	YS2
Electro-impex	Electroimpex (Bulgaria)							BK2	BK3	BK6		BK8	BK11	
Harthü	VEB Hartmetall-werk Immelborn (fosta RDG)		HU10 HU510	HU10 HU510	HS420 HU10 HU510	HS420 HU10 HU510	HS420 HU30	HG01 HG012	HG012	HG10 HG012 HG110 HG112 HG510	HG012 HG15 HG412 HG510	HG012 HG20 HG412 HG510	HG30	HG40

Tabelul 2.24 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Tunga- loy	Toshiba Tungaloy (Japonia)	LX21 T822 TC2 TX10D	LX21 T822 TC2 TX10D X407	T553 T802 T803 T812 T813 T822 T823 TX10D TX10S X407	T553 T802 T803 T812 T813 T822 T823 X407	N308 T260 T370 T553 T802 T803 T812 T813 T822 T823 TX20 TX25 X407	N308 N350 NS540 T260 T370 T553 T803 T812 T813 T823 TX25	N308 N350 NS540 T260 T370 T553 T803 T812 T813 T823 TX25 TX30	N350 NS540 T813	N350 NS540 T813 TX40				T802 T803 T812 T813 T822 T823 TU10	T802 T803 T812 T813 T823	T260 T370 T802 T803 T812 T813 T823 TU20	T260 T370 T803 T812 T813 T823	NS540 T260 TU40	T221 T370 T801 T802 T811 T821 TH03	T221 T370 T801 T802 T811 T821	G1F G2F T221 T370 T530 T801 T802 T803 T811 T812 T813 T821 T823 TH10	G2F T221 T370 T530 T802 T803 T811 T812 T813 T823	G2 G2F G3 T221 T370 T530 T802 T803 T811 T812 T813 T823	T370 T813	
Valenite	GTE Valeron Corporation (SUA)	V88 VC67 VC83 V01	V88 VC7 VC67 VC83 V01 V05	V88 VC7 VC67 VC165 VN5 VN8 V01 V05	V88 VC7 VC35 M VC165 VN5 VN8 V01 V05	V88 VC5 VC35M VN5 VN8 V01 V05	V88 VC5 VC35M VN8 V01 V05	V1N V88 VC5 VC35M VC56 VN8 V01 V05	V1N VC35M VC56	V1N VC56	V1N VC56	V1N VC56 VC111	V05	V88 VC2 VC27 VN5 V01 V05	V88 VC2 VC27 VN5 V01 V05	V88 VC2 VC27 VC28 VN8 V01	V1N V88 VC28 VN8 V01	V1N VC10 1 VC11 1	PCD V88 VC3 V01 V05	PCD V88 VC3 V01 V05	PCD V88 VC2 VN8 V01 V05	PCD V88 VC2 VC28 VN8 V01 V05	PCD V1N V88 VC2 VC28 VN8 V01 V05	PCD V1N V88 VC1 VC28 VN8	V1N VC101 VC111
Votanit	Unis Ro Sintal (Iugoslavia)	SV01 SV05 SV08	SV01 SV05 SV08	SV05 SV08 SV10 TNCS +	SV10 TNCS +	SV10 SV20 TNCS +	SV20 TNCS +	SV20 SV25 SV30 UV10 TNCS +	SV25 SV30 TNCS +	SV25 SV30 SV40 TNCS +	SV40	SV40		HV08 UV10	HV08 UV10	HV08 UV10	SV25 SV30	SV25	HV25 HV08	HV05 HV08	HV08 HV10 UV10	HV10	HV10 HV20 TNCN +	HV20 HV30 TNC N+	HV20 HV30 TNCN +
Walter	Walter Hartmetall GmbH (Germania)	WP1S	WP1S	WP1 WP1S	WHN3 3 WP1 WTN3 3	WHN3 3 WP2 WTN33 WTN43	WHN5 3 WP2 WP25 WPM WTN43	WHN5 3 WP2 WP3 WPM WTN43	WHN5 3 WP3 WP40 WPM WTN43	WHN3 3 WP3 WP40				WM1 WM15	WM1 WM15	WM1				WK05	WHN3 3 WK1 WK10 WKM WTN33	WHN3 3 WK1 WK10 WKM WK20 WTN33	WHN5 3 WKM WK20 WTN33 WTN43	WHN 53 WK40 WTN 43	WHN53 WK08
Widia	Krupp Widia GmbH (Germania)	TT1 Widabar	TK15 TT1 TTX Widabar	TK15 TN25 TN25 M TTX TZ15 Widabar	TK15 TN25 TN25 M TTM TTS TTX TZ15 Widabar	TK15 TN25 TN25M TN35 TTM TTS TZ15 Widabar	TK15 TN25 TN25M TN35 TTM TTS TZ15	TK15 TN25 TN25M TN35 TTM TTR TTS TZ15	TN25 TN25M TN35 TTM TTR TTS	TN35 TTR	TN35 TTR		AT10 AT15 HK15 HK15 M TK15	AT10 AT15 HK15 HK15 M TK15	AT10 AT15 HK15 HK15 M TK15 TN25M TTM TTS	AT15 HK15 HK15 M TK15 TN25 TN25M TN35 TTM TTS	AT15 TK15 TN25 TN25M TN35 TTM TTR TTS	TN35 TTR	HK15 THMF Wida- mant	HK15 HK15 M THM THMF Widamant	HK15 HK15 M THM THMF Widamant	HK15 HK15 M THM Widamant	HK15 HK15 M THM Widamant	THR	THR

Tabelul 2.24 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Heller	Gebrüder Heller Germania			P10		P20		P30		P40					M15	M20					K10		K20		
Hertel	Hertel AG Werkzeuge+ Hartstoffe (Germania)	MC2 P01	CP1 CP3	CM2 CM3 CP1 CP3 P10	CF2 CM2 CM3 CP1 CP3	CF2 CM2 CM3 CP1 CP3 P2F P20	CF2 CM2 CM3 CP3 P2F P25	CF2 CM2 CM3 CP3 GX P2F	CF2 CM3 GX	CF2 CM3 GX PVA	GX PVA	GX PVA	CF3	CF3 CM2 KM1	CF3 CM2 CM3 CM1	CM3 KMF	KMF PVA		MC2	CF3 CP1 KM1	CF3 CM2 CM3 CP1 CP3 KM1	CF3 CM2 CM3 CP3 CM1	CM3 K20 KMF		
Impero	Impero SpA (Italia)	SK10	P3 SK10	P3 SK10 SK15	P3 P5 SF SK10 SK15	P5 P6 SF SK10 SK15 SK30	P6 SF SK15 SK30	P6 P8 SF SK15 SK30	P8 SF SK30	P8 P9	P9	P9	M3 SK10	M3 SK10 SK15	M3 P6 SF SK10 SK15	P8 SF SK10 SK15 SK30	SF SK15 SK30	K9 SK30	H01 SK10	K3 SK10 SK15	K4 SK10 SK15	K5 SK10 SK15	K5 SK15	K9	K9
Iscar	Iscar Ltd (Israel)	IC80T	IC60T IC78 IC80T IC815 IC848	IC60T IC78 IC80T IC757 IC815 IC848	IC55T IC78 IC757 IC815 IC835 IC848	IC50M IC55T IC70 IC540 IC656 IC757 IC815 IC835 IC848	IC50M IC55T IC540 IC656 IC757 IC815 IC835 IC848	IC50 IC50M IC54 IC540 IC656 IC757 IC815 IC835 IC848	IC54 IC540 IC656 IC815 IC835	IC54 IC540 IC656 IC835	IC54	IC54		IC24	IC24	IC24			IC4	IC4 IC428 IC848	IC20 IC428 IC848	IC20 IC428 IC848	IC2 IC20 IC428 IC848	IC1 IC28	IC12 IC28
Mugong	Mudanjiang Tool Factory (China)	YN10		YT15 YT20	YT20	YT14 YT20		YT5						YW1		YW2			YG3X	YG6A YG6X		YG6	YG8		
ISG Böhlerit	ISG (Ungaria)			121 625 SB10	121 625	121 131 432 625 635 SB20	121 131 432 625 635 SBF	121 131 141 432 625 635 SB30	131 141 432 635	131 141 432 635 SB40	141	SB50		432 EB10	432 EB15/2 0	141 432 EB15/2 0	141 432 EB30	EB40	HB01	111 421 615	111 421 615 HB10	111 421 615	111 421 615 HB20		
Kennametal	Kenametal Inc (SUA)	KC910 KC9 0 KT150	KC910 KC950 KT150	K45 KC910 KC950	K45 KC810 KC820 KC910 KC950	K29 K2885 KC810 KC820 KC850 KC950	K420 K2885 KC710 KC810 KC820 KC850 KC950	K420 K2885 KC710 KC810 KC850 KC950	K420 KC710 KC850	K420 KC850	K420 KC850	K850	KC91 0 KC95 0	K45 KC810 KC850 KC910 KC950	KC810 KC850 KC910 KC950	K29 K2885 KC810 KC850 KC950	KC850		KC910 KC950 KT150	KC210 KC910 KC950 KT150	K68 K313 KC210 KC910 KC950	K68 K313 K8735 KC210 KC910 KC950	K313 K8735 KC210 KC910 KC950	K8735 KC25 0	KC250
Poldi Diadur	Pramet Sumpek (Cehia)			DP020 DP030 DP525 DP535 S10	DP020 DP030 DP525	DP020 DP030 DP525 S20	DP030 DP525 S25	DP515 DP525 S30		DP340	DP340	DP340	DP22 0	DP030 DP220 DP525 U10	DP030 DP525	DP030 DP525	U30		H05	DK010 H05	DK010 DP030 DP525 H10	DK010 DP030 DP525 H10	DK010 DP030 DP525 H10	H30	

Tabelul 2.24 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Safety	Safety SA (Franța)		OR105 OR110	OR105 OR110 S1S	OR105 OR110	OR105 OR110 SS2	MT140 OR110 S25S SK30 SS2	MT140 OR105 OR110 SK30 SS2 SY3	MT140 OR110 SK30	MT140 S4 SK30			MT130	MT140 OR105 OR110 SK30	MT140 MT310 OR105 OR110 SK30 SMH	CHOC OR105 OR110 SK30 SMH	CHOC MT140 OR110 SK30	H01 OR110 SK30	H15TF	H10 KX2 MT310 OR105 OR110 OR305	H15SH 15TF MT310 OR105 OR110 OR305	G1 H15TF MT310N OR105 OR110 OR305	MT310 OR105 OR110 OR305		
Sandvik Coromant	AB Sandvik Coromant (Suedia)	CB50 CT515 F02 S1P S10T	CB50 CT515 CT520 GC415 GC425 S1P S10T	CT515 CT520 GC015 GC120 GC225 GC415 GC425 GC1025 S1P S10T	CT520 GC015 GC120 GC225 GC415 GC425 GC1025 S1P S4 S10T SM SMA	CT520 GC015 GC120 GC225 GC415 GC425 GC1025 S2 S4 SM SM30 SMA	CT520 GC015 GC120 GC135 GC225 GC415 GC425 GC435 GC1025 S4 SM SM30 SMA	GC015 GC120 GC135 GC225 GC415 GC425 GC435 GC1025 S4 SM S35 SM30 SMA	GC015 GC135 GC235 GC425 GC435 GC1025 S4 S6 S35 SM30 SMA	GC135 GC235 GC435 S6 S35 SM30 SMA	GC135 GC235 R4 S6	GC235 R4	CB50	GC425 H13A R1P	GC135 GC315 GC425 GC435 H13A SH	GC135 GC235 GC315 GC425 GC435 H13A H20 SH	GC235 H10F H20 S6	GC235 H10F R4	CD10 H1P H05	GC015 GC310 GC315 GC415 GC1025 GC3015 H1P	GC015 GC310 GC315 GC320 GC415 GC1025 GC3015 H1P H10 HM SMA	GC015 GC310 GC315 GC320 GC415 GC1025 GC3015 H1P H13A HM HML SMA	GC015 GC310 GC315 GC320 GC415 GC1025 GC3015 H1P H10F H13A H20 HM HML	H10F	
Seco	Seco Tools AB (Suedia)	S1F S1G	CK20 S1F S1G TP10 TP15 TX10	CK20 CM20 CP30 S1F S1G S2 S10M TP10 TP15 TP20 TX10	CM20 CP30 S1F S2 S10M S25M T25M TP10 TP15 TP20 TX10	CM20 CP30 S2 S4 S10M S25M T25M TP10 TP15 TP20 TP35	S4 S10M S25M T25M TP10 TP15 TP20 TP35	S4 S6 S25M T25M TP20 TP35	S6 S25M S60M T25M TP20 TP35 TP45	S60M TP45	TP45		SU41 TP15 TX10	HX SU41 TP10 TP15 TX10	HX S10M SU41 TP10 TP15 TP35 TX10	HX S4 S10M TP10 TP15 TP20 TP35	S25M T25M TP35 TP45	G27 S60M TP45	H13 RVX	H13 T15M TP15 TX10	CK20 H13 HX SU41 T15M TP10 TP15 TX10	CK20 HX SU41 T15M TP10 TP15 TX10	CK20 HX SU41 TP10 TP15	HX T25M	G27 T25M TP45
Stanko-import	Stankoimport (Rusia)	T30K4		T15K6		T14B8 TT10/K8B	TT10/K8B	T5K10 TT10/K8B		T5K12B TT7/K12									BK2 BK3N	BK3 BK4	BK6M	BK6	BK6 BK8	BK10	BK15
Tizit	Metalwerk Plansee GmbH (Austria)	F05T	F05T F10T Gm15 S05T Sr17	F05T F10T Gm15 Gm25 Gm26 S10T Sr17	F10T Gm15 Gm25 Gm26 Sr17	F10T Gm15 Gm25 Gm26 Gm35 Gm36 S22T S26T Sr17	Gm25 Gm26 Gm35 Gm36 S22T S26T Sr17	Gm25 Gm26 Gm35 Gm36 S26T S36T	Gm35 Gm36 S36T	Gm35 Gm36		S50T	Sr17	Gm16 Sr17 U10T U16T	Gm16 Sr17 U16T	Gm16 Gm35 Gm36 Sr17 U16T U20T	Gm35 Gm36	S50T	H03T	Gm15 Gm16 H03T H05T Sr17	Gm15 Gm16 Gm25 Gm26 H08T H10T H16T Sr17 U16T	Gm15 Gm16 Gm25 Gm26 H16T Sr17 U16T	Gm15 Gm16 Gm25 Gm26 H16T H20T H25T Sr17 U16T	Gm25 Gm26 H25T H30T	H40T

În tabelul 2.25 se prezintă unele indicaţii pentru alegerea corelată a geometriei zonei active a sculei faţă de materialul prelucrat şi regimul de prelucrare, în cazul folosirii plăcuţelor mineraloceramice.

Tabelul 2.25

Indicaţii pentru utilizarea plăcuţelor mineralo-ceramice

Tipul materialului	Tipul prelucrării	Materialul piesei	Avansul mm/rot	Viteza de aşchiere m/min		Geometria sculei	
				Degroşare	Finisare	α°	γ°
Oxid de aluminiu	Strunjire	Oţel de construcţii	0,05-0,4	550-200	700-260	5-8	-5-12
		Fontă cenuşie	0,08-0,8	450-260	700-450	5-6	-5-0
		Bronz	0,05-0,2	-	400-600	5-8	0-1
		Materiale plastice dure	0,01-0,5	-	200-400	5-8	0-1
Compus	Strunjire	Oţel călit	0,05-0,4	100-30	100-30	5-6	-5-0
		Fontă dură	0,08-0,6	250-50	350-50	5-6	-5
	Frezare	Fontă şi oţeluri	0,25	-	190-200	5-6	-9

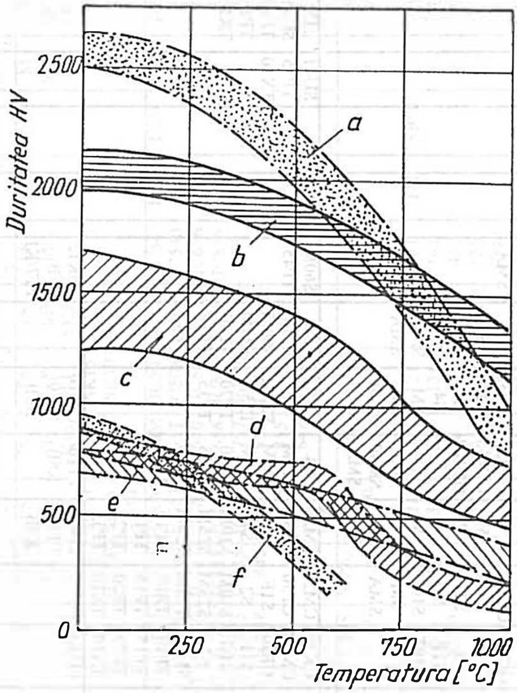


Fig. 2.17

2.5. DIAMANTUL

Acest material extrem de scump, existent în stare naturală sau sintetică, sub formă de monocristal, policristal sau pulbere, este folosit la armarea sculelor aşchietoare ce sunt destinate aşchierii cu viteze foarte mari, în scopul realizării unor prelucrări cu precizie deosebită.

Principalele tipuri de diamant natural sunt prezentate în tabelul 2.26, iar proprietăţile diverselor tipuri de diamant sunt date în tabelul 2.27.

Tabelul 2.26

Tipuri de diamant natural

Tip	Caracteristici
Gem	Culoare albă translucidă; cu foarte mici impurităţi devine galben, verde sau albastru. De regulă nu se întrebuinţează industrial.
Boart	Prezintă imperfecţiuni ale reţelei cristaline, datorate impurităţilor. In granule cristaline cu dimensiuni mari (2-5 mm) sunt folosibile la armarea părţii aşchietoare a sculelor extradure pentru finisare sau găurire. Granulele sub 1 mm, având muchii ascuţite se folosesc la tăierea materialelor nemetalice dure (de exemplu sticlă); granulele sub 60 μm se folosesc ca materiale abrazive.
Carbonado	Aglomerări policristaline cu densitate relativ mică (3,1 - 3,4 g/cm^3). In procesul uzării se reascute automat prin apariţia unor noi muchii. Cost ridicat datorită prelucrării dificile.
Ballas	Structură policristalină compactă, în straturi sferice, cele exterioare fiind extrem de dure. Cost foarte ridicat.

Tabelul 2.27

Proprietăţile principale ale diamantului

Tipul policristalelor	Densitatea g/cm^3	Duritatea KNOOP daN/mm^2	Rezistenţa la compresiune MPa	Stabilitatea termică în aer °C
ASPK- Carbonado	3,1 - 3,4	5500	200 - 400	700 - 900
ASB- Ballas	3,4 - 3,5		400 - 800	700 - 800
Alte tipuri	3,1 - 3,515	8500	200 - 7000	700 - 900

Diamantul, la circa 800...900°C grafitizează şi se combină cu metalele din grupa fierului, rezultând carburi; prin oxidare rezultă oxizi, instabili la aceste temperaturi. Aceste fenomene produc uzarea bruscă a sculelor diamantate în zona de contact cu aliajele feroase prelucrate, limitându-se utilizarea lor raţională numai la prelucrarea materialelor neferoase şi a celor nemetalice.

2.6. NITRURA CUBICĂ DE BOR

Nitrura cubică de bor constituie o formă alotropică sintetică a nitrurii hexagonale de bor. Proprietăţile acestui material aşchietor (simbolizat de regula *NCB, CBN* sau *ACB*) depăşesc proprietăţile similare ale diamantului, mai ales în ceea ce priveşte stabilitatea termică şi rezistenţa la şocuri termice, fiind utilizabil la viteze mari nu numai la prelucrarea materialelor nemetalice şi a celor neferoase, dar şi aliajelor feroase.

Se prezintă sub formă de monocristale, policristale sau plăcuţe sinterizate, având ca suport carburi de wolfram, acoperite cu un strat de *ACB* de 0,5...1,5 mm grosime.

Aceste plăcuţe se utilizează la aşchierea continuă sau discontinuă a oţelurilor de scule

îmbunătăţite, a oţelurilor refractare şi a fontelor de mare duritate, a aliajelor dure de tipul stelitelor şi a materialelor neferoase şi nemetalice.

În tabelul 2.28 se prezintă proprietăţile *ACB*, iar în tabelul 2.29 se prezintă forma şi dimensiunile unor plăcuţe prevăzute cu straturi de nitrură cubică de bor.

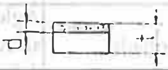
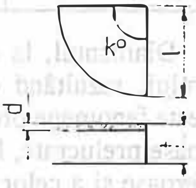
Tabelul 2.28

Proprietăţile ACB

Densitatea g/cm^3	Duritatea HV daN/mm	Rezistenţa la compresiune MPa	Stabilitatea termică în aer °C
3,4	3500 - 4500	1500 - 2000	1000 - 1400

Tabelul 2.29

Forme şi dimensiuni de plăcuţe ACB

Forme uzuale de plăcuţe schimbabile					
Forma	***D***	***t***	***d***		**Schiţa**
	12,7	4,76	0,5	0	
	12,7	4,76	0,5	8°	
	15,8	4,76	0,5	0	
	12,7	4,76	0,5	0	
	15,8	4,76	0,5	0	
	12,7	4,76	0,5	0	
	12,7	4,76	0,5	6°	
Forme uzuale de plăcuţe brazabile					
Forma	***k°***	***l***	***d***	***t***	**Schiţa**
	45	34	0,5	3,2	
	60	36	0,5	3,2	
	90	38	0,5	3,2	
	180	80	0,5	3,2	
	360	80	0,5	3,2	

Folosirea acestor materiale aşchietoare, cu unghiurile zonei active a sculei $\alpha = 5°...6°$, $\gamma = -3°...-5°$, $\lambda = -5°$, $\varkappa_1 = 0°...10°$ permite obţinerea unor rugozităţi de 0,2 ... 0,8 μm, din operaţia de strunjire a oţelurilor îmbunătăţite cu viteze de 80...100 m/min.

În cazurile prelucrării de finisare a materialelor neferoase moi aceste plăcuţe se utilizează la aşchierea cu viteze de aşchiere de 450...1500 m/min, adâncimi de aşchiere de 0,1...0,5 mm şi avansuri de 0,025 ... 0,2 mm/rot, partea activă având unghiurile $\alpha = 5°...20°$, $\lambda = 0°... 20°$ (mai mari la aliajele de Cu) şi raze de racordare la vârf $R = 0,2$ ... 1 mm. La prelucrarea prin strunjire a carburilor de W, se pot utiliza regimuri

cu v = 15 ... 45 m/min, s = 0,025...0.08 mm/rot, t = 0,025...0,1 mm, unghiul α recomandat este între 5° şi 12°, iar raza la vârf R = 1...3,2 mm.

În cazul strunjirii maselor plastice cu fibră de sticlă, valorile recomandate ale parametrilor sunt: v = 125...1100 m/min, t = 0,025...0,08 mm, s = 0,025...0,25 mm/rot, α = 5...20°, γ = 0...5°, R = 0,8...1,6 mm.

Pentru superfinisare se recomandă ca suprafaţa de aşezare să fie realizată cu două faţete succesive. Valorile parametrilor geometrici ai zonei active sunt recomandate astfel: α_1 = 1°...3°, α_2 = 6°...10°, α_3 = 15°, ε = 60°, R = 0,2 mm, $\varkappa = \varkappa_1$ = 60°, γ = 5°...10°, λ = 10°...12°.

În tabelul 2.30 se prezintă grupele de utilizare ale unor plăcuţe cu straturi de *ACB* şi policristal de diamant comercializate de diferite firme.

Tabelul 2.30

Sorturi comerciale de plăcuţe acoperite cu diamant şi cu ACB

Marca, firma	Grupe de utilizare	Tipuri	Grosime
BZN-General Electric Company	P01;P10 M05;K01	ACB	
COMPAX-G.E.Co	K01	PCD*	1,5;0,5
SYNDITE-De Beers Industrial Diamons Division	K01-K30	002 extrafin PCD 010 fin PCD 025 medium PCD	0,7
VALENITE-GTE Valeron Corporation	K01-K30	PCD (sintetic)	0,5
WIDABOR-Widia Krupp	P01-P20	ACB policristal	1
WIDAMANT-Widia Krupp	K01-K20	PCD*	1

PCD* - Policristale de diamant

3

CUŢITE

Având în vedere caracterul de îndrumar de proiectare al lucrării de faţă capitolul va fi structurat astfel: cuţite de strung, cuţite de raboteză şi de morteză, cuţite cu reglaj micrometric şi cuţite profilate.

3.1. CUŢITE DE STRUNG

În cele ce urmează, această mare categorie de scule aşchietoare va fi împărţită în două mari categorii: construcţii simple (ordinare) şi construcţii speciale. Din prima categorie fac parte toate cuţitele simple standardizate, a căror proiectare şi tehnologie, nemairidicând probleme deosebite, au devenit operaţii de rutină. Din categoria cuţitelor speciale vor fi abordate cuţitele cu partea activă, din plăcuţe schimbabile realizate din: amestecuri de carburi metalice, materiale mineralo-ceramice, diamant ş.a.

Geometria constructivă a părţii active a unui cuţit de strung rezultă din figura 3.1*a*, iar cea funcţională efectivă din figura 3.1,*b*.

Cantitativ, diferenţele între unghiurile de orientare constructive şi cele funcţionale sunt relativ mici, practic neglijabile, deoarece cele două sisteme de referinţă sunt foarte apropiate ca poziţie şi orientare.

Definiţiile şi relaţiile de legătură între unghiurile de orientare ale feţelor şi muchiilor rezulta din cele expuse în capitolul 1 (vezi § 1.1).

Pentru partea activă a cuţitului de strung, literatura de specialitate şi standardele în vigoare stabilesc câteva forme constructive care ţin seama de materialul din care aceasta este confecţionată precum şi de domeniul de utilizare.

Astfel, din tabelul 3.1 rezultă construcţiile părţii active pentru cuţitele din oţel rapid precum şi indicaţii privind domeniul de utilizare.

Construcţiile I şi *II* au faţa de degajare plană cu faţetă. Sunt folosiţi pentru toate tipurile de cuţite pentru prelucrarea materialelor tenace cu avansuri $s > 0{,}2$ mm/rot. Construcţia *III* are faţa de degajare cu faţetă şi degajare cilindrică. Este folosită pentru toate tipurile de cuţite (exceptând cuţitele profilate) la prelucrarea materialelor tenace cu avansuri $s > 0{,}2$ mm/rot. În punctul de intersecţie a degajării cu faţeta f se realizează unghiul de degajare γ. Dimensiunile degajării sunt următoarele: raza $R=(10...15)s$ pentru cuţitele de degroşat exterior şi interior şi $R=(50...60)s$ pentru cuţitele de retezat; lungimea l a degajării se determină cu relaţia

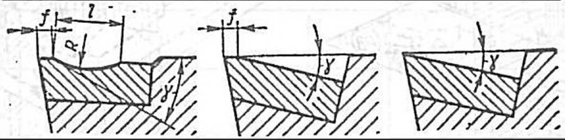
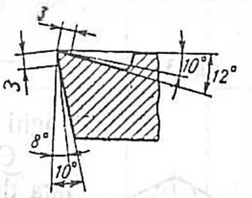
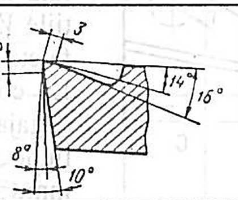
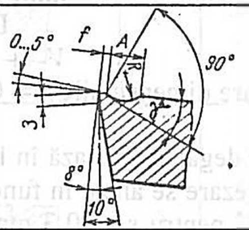
$$l = 2R \sin(\gamma - \gamma_r)$$

în care γ_r reprezintă unghiul pe care suprafaţa de reazem a plăcuţei din oţel rapid îl face cu suprafaţa de reazem a cuţitului (atunci când cuţitul are partea activă armată cu placuţă

din oțel rapid, daca nu $\gamma_f = 0$). Construcția *IV* are fața de degajare plană fără fațetă și este folosită pentru toate cuțitele la prelucrarea materialelor fragile dar și pentru prelucrarea materialelor tenace cu avansuri $s < 0{,}2$ mm/rot.

Tabelul 3.1

Construcția părții active a cuțitelor din oțel rapid

Forma feței de degajare	**Schița**	**Recomandări funcționale**
1. Plană fără fațetă		Prelucrarea materialelor fragile; pentru materiale tenace cu $s \le 0{,}2$ mm/rot; $\gamma = 5°...25°$
2. Plană cu fațetă		Prelucrarea oțelului turnat, a oțelului aliat sau nealiat cu 80 daN/mm²; fontă cenușie cu HB 220, bronz și alte materiale fragile.
		Oțel turnat, oțel aliat sau nealiat cu $\sigma \le 80$ daN/mm²; fontă cu HB$\le$220.
3. Curbilinie cu fațetă		Oțel turnat, oțel aliat sau nealiat cu $\sigma \le 80$ daN/mm². Aliaje ușoare.

În toate cazurile, mărimea fațetei se alege constructiv $f = (0{,}8 \ldots 1)s$. Dacă partea activă este făcută din plăcuță din oțel rapid, fațeta este paralelă cu suprafața de reazem a plăcuței în corpul cuțitului.

Unghiul de degajare γ depinde de materialul piesei micșorându-se cu rezistența și duritatea materialului: pentru construcții *I, II* și *III* $\gamma = 25°...30°$, iar pentru construcția *IV* unghiul $\gamma = 5°...25°$. În majoritatea cazurilor, unghiul de degajare al fațetei este $\gamma_f = 0°...5°$, cel mai adesea fiind nul.

Pentru cuțitele din oțel rapid, unghiul de așezare se alege în funcție de avans: în general $\alpha = 12°$ pentru $s < 0{,}2$ mm/rot și $\alpha = 8°$ pentru $s \ge 0{,}2$ mm/rot.

În tabelul 3.1 sunt date și alte recomandări privind dimensiunile acestor tipuri de cuțite. Din tabelul 3.2 rezultă construcțiile părții active și domeniile de utilizare pentru cuțitele cu partea activă din amestecuri de carburi metalice. Cuțitele cu partea activă din amestecuri de carburi metalice, în general au fața de degajare cu o fațetă orientată sub un

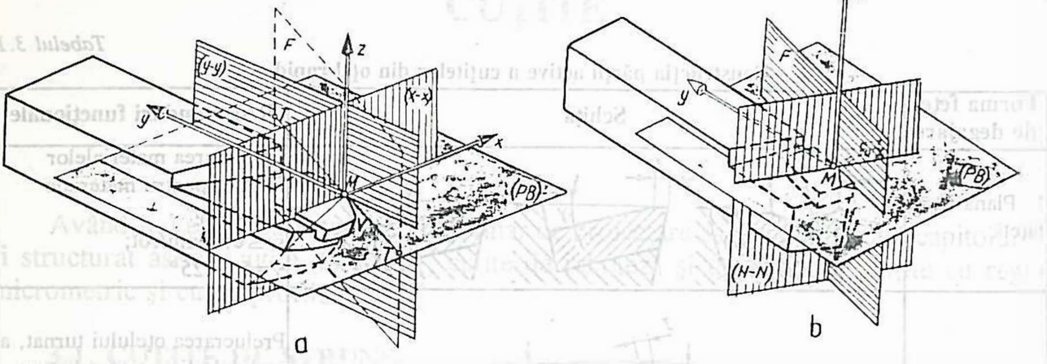


Fig. 3.1

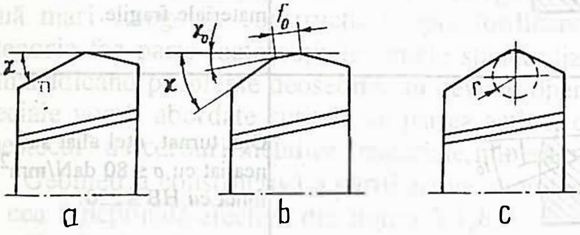


Fig. 3.2

unghi γ_f negativ (vezi tabelul 3.2).

Construcţiile *I, II, III* şi *IV* au faţa de degajare plană. Construcţiile *V* şi *VI* au faţa de degajare cu faţetă şi cu o degajare cilindrică. La construcţia *V* între faţeta *f* şi degajarea de rază *R* există o porţiune plană cu lăţimea de 1...2 mm.

Degajările cilindrice (formele *V* şi *VI*) au următoarele dimensiuni: l = 2...3 mm şi $R = 2l$. Faţeta are dimensiunile f = 0,2...0,5 mm şi este orientată cu γ_f = -3°... -5°.

Unghiul de degajare γ al feţei de degajare variază în limite largi γ = 5°...20°.

Pentru aceste cuţite unghiul de aşezare se alege în funcţie de avans: α = 10°...20° pentru $s < 0{,}3$ mm/rot şi α = 6°...8° pentru $s \geq 0{,}3$ mm/rot.

În tabelul 3.2 mai sunt făcute recomandări suplimentare privind aceste construcţii.

Privind geometria părţii active, în plus de cele rezultate din tabelele 3.1 şi 3.2, vor fi făcute şi recomandări suplimentare.

Orientarea feţelor, unghiurile de aşezare α şi de degajare γ, se stabilesc în special după natura materialului de prelucrat, în timp ce orientarea muchiilor (unghiurile de atac $\varkappa$ şi de înclinare λ) este determinată de alte condiţii în care are loc prelucrarea.

Faţa de degajare poate fi plană sau curbă (cilindrică). Faţa plană se recomandă pentru prelucrarea materialelor fragile şi a materialelor dure şi foarte dure. Forma cilindrică se recomandă pentru prelucrarea materialelor tenace (vâscoase) şi a materialelor cu rezistenţă (duritate) mică sau medie. Pe faţa de degajare apare o faţetă f = 0,2...1 mm, care se micşorează odată cu scăderea avansului.

Faţa de aşezare este plană şi orientarea ei rezultă din figurile tabelelor 3.1 şi 3.2.

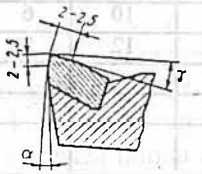
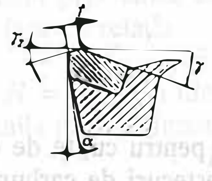
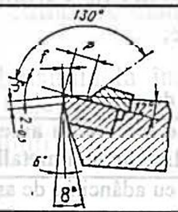
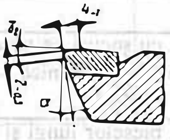
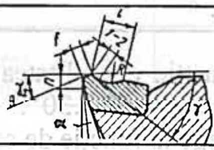
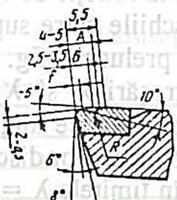
În funcţie de materialul de prelucrat, în tabelul 3.3 sunt date valori recomandate pentru unghiurile de degajare γ şi de aşezare α.

Muchiile cuțitelor de strung sunt rectilinii (fig. 3.2). Muchia principală poate fi cu simplă orientare (fig. 3.2, *a*), cu dublă orientare (fig.3.2, *b*) sau cu raza de racordare *r* (fig. 3.2, *c*). Unghiul de atac principal $\varkappa$ are valori în limitele $\varkappa = 30°...90°$ în funcție de rigiditatea sistemului tehnologic. În tabelul 3.4 sunt date valori pentru acesta.

Pentru muchia cu dublă orientare (fig. 3.2, *b*), unghiul $\varkappa_0 = 0{,}5\varkappa$, iar fațeta $f_0 = 0{,}5...2$ mm în funcție de mărimea adâncimii de așchiere.

Tabelul 3.2

Geometria părții active a cuțitelor armate cu plăcuțe din amestecuri de carburi metalice

Forma feței de degajare	Schița	$\alpha°$	$\gamma°$	$\gamma_f°$	Recomandări funcționale
1.Plană, cu $\gamma>0$, fără fațetă		6	10	-	Fontă cenușie, bronz și alte materiale fragile
		6	20	-	Aluminiu și aliajele lui, alamă, ebonită, rășini dure
2.Plană, cu $\gamma_f<0$, cu fațetă		6	10	-5	Fonta, oțel turnat și forjat cu $\sigma \leq 80$ daN/mm^2
3.Plană, cu fațetă, cu $\gamma_f<0$ și cu sfărâmător de așchii lipit		6	10	-5	Oțel și oțel turnat cu $\sigma \leq 80$ daN/mm^2
4.Plană, cu fatetă cu $\gamma_f<0$		6	-	-5	Degroșarea oțelului laminat sau turnat cu $\sigma > 80$ daN/mm^2
5.Curbilinie, cu fațetă cu $\gamma_f<0$		8	16	-3	Oteluri rezistente la coroziune cu $\sigma \leq 85$ daN/mm^2
		10	12	-5	Materiale cu $\sigma = 70...100$ daN/mm^2
		10	10	-5	Materiale cu $\sigma < 130$ daN/mm^2
		10	5	-5	Materiale cu $\sigma < 120$ daN/mm^2
6.Curbilinie, cu fațetă cu $\gamma_f<0$		6	10	-5	Oțeluri cu $\sigma \leq 120$ daN/mm^2

Tabelul 3.3

Valori recomandate pentru unghiurile α si γ

Materialul piesei	Oţel rapid				Carburi metalice			
	Unghiul $\alpha(\alpha_1)$		Unghiul γ		Unghiul $\alpha(\alpha_1)$		Unghiul γ	
	Avansul		Forma [1)]		Avansul		Forma [1)]	
	s>0,2	s≤0,2	I si II	III	s>0,3	s≤0,3	I	II
Oţel $\sigma_r \leq 110$ daN/mm²	8	12	25	18	12	8	15	-5
Oţel $\sigma_r > 110$ daN/mm²	8	12	25	12	12	-	-	-10
Fontă cenuşie HB≤220	8	12	25	12	10	6	12	-
Fontă cenuşie HB>220	8	12	-	5	10	6	8	-
Fontă maleabilă HB≤150	8	12	25	18	12	8	15	-
Aluminiu	10	15	30	25	-	-	-	-
Alamă tenace	8	12	30	25	-	-	-	-
Alamă fragilă sau bronz fragil	8	12	25	12	-	-	-	-

1) Forma I - faţă de degajare concavă cu faţetă;
Forma II - faţă de degajare plană cu faţetă;
Forma III - faţă de degajare plană fără faţetă.

Raza de racordare r se alege: r = 1...5 mm pentru cuţite de oţel rapid şi r = 0,5...3 mm pentru cuţite armate cu plăcuţe din amestecuri de carburi metalice, valori mari pentru finisări şi pentru sisteme tehnologice rigide.

Tabelul 3.4

Valori recomandate pentru unghiul de atac $\varkappa$

Cuţite din oţel rapid	$\varkappa°$	Cuţite armate cu amestecuri din carburi metalice	$\varkappa°$
Aşchierea cu cuţite având γ > 25° şi un sistem tehnologic foarte rigid	30	Prelucrarea cu adâncime de aşchiere foarte mică. Sistem tehnologic foarte rigid	10...30
Aşchiere pe sisteme tehnologice rigide. Strunjire longitudinală în condiţii obişnuite	45	Prelucrare pe sisteme tehnologice suficient de rigide	45
Aşchiere pe strunguri automate şi semiautomate în condiţii obişnuite. Sisteme tehnologice puţin rigide	60...75	Prelucrarea cu şocuri pe sisteme tehnologice de rigiditate mică	60...70
Aşchiere pe strunguri multicuţite. Prelucrarea arborilor lungi de precizie ridicată	90	Prelucrarea pieselor lungi şi subţiri. Prelucrarea pe strunguri multicuţite	80...90

Unghiul de atac secundar $\varkappa_1$ (fig. 3.2), în funcţie de calitatea prelucrării şi de rigiditatea sistemului tehnologic, se alege în limitele $\varkappa_1$ = 5°...30°.

Unghiul de înclinare a muchiei λ (fig. 3.3) se alege în funcţie de calitatea prelucrării şi de materialul tăişului. Unghi λ pozitiv orientează aşchiile către suprafaţa prelucrată, iar unghi λ negativ orientează aşchiile către suprafaţa de prelucrat (fig. 3.3). Pentru cuţite din oţel rapid se recomandă λ = 0°...6° în cazul degroşărilor şi λ = 0°...-6° pentru finisări. Pentru cuţitele armate cu amestecuri de carburi metalice unghiul λ este pozitiv întotdeauna cu valori în limitele λ = 0°...6°. În cazul prelucrărilor discontinui, indiferent de calitatea părţii active, unghiul de înclinare se alege în limitele λ = 10°...30°.

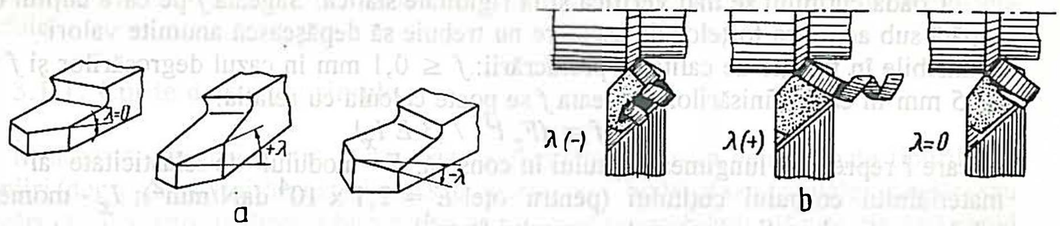


Fig. 3.3

În tabelul 3.5 sunt făcute recomandări privind alegerea unghiului de înclinare λ.

Cuţitele de strung au coada prismatică sau cilindrică. Pentru calculul de rezistenţă, se consideră cuţitul încastrat în suportul portcuţit solicitat numai la încovoiere de forţele de aşchiere şi dintre acestea numai de forţa principală F_z.

În cazul cuţitelor prismatice cu secţiunea dreptunghiulară de lăţime B şi înălţime H dimensionarea se face cu relaţia

$$B H^2 = (6 F_z l) / \sigma_a$$

recomandându-se $H = 1,5 B$ şi lungimea în consolă $l = 1,5 H$.

Pentru secţiunile pătrate dimensionarea se face cu relaţia

$$B^3 = (6 F_z l) / \sigma_a$$

Pentru cozile cilindrice diametrul se determină cu relaţia

$$d^3 = (10 F_z l) / \sigma_a$$

Rezistenţa admisibilă la încovoiere σ_a depinde de materialul cozii cuţitului. La alegerea ei se mai ţine seama şi de influenţa forţei de aşchiere F_x a cărei pondere creşte cu creşterea unghiului $\varkappa$.

Tabelul 3.5

Valori recomandate pentru unghiul λ

Cuţite din oţel rapid	λ°	Cuţite armate cu amestecuri din carburi metalice	λ°
Prelucrare de finisare	0	Prelucrarea cu adaos uniform şi fără şocuri	0÷5
Prelucrare de degroşare cu adaos neuniform	0÷5	Prelucrarea cu cuţite cu γ=-5°÷-10° şi χ=70° (pentru fărâmiţarea aşchiei)	10÷12
Rabotarea şi strunjirea suprafeţelor întrerupte	10÷20	Prelucrare cu adaos neuniform şi aşchiere cu şocuri	10÷30

Tabelul 3.6

Rezistenţe admisibile la încovoiere, daN/mm²

Materialul	Unghiul de atac ℜ°				
	30	45	60	75	90
Oţel nealiat necălit	12	10	8	6,5	5,5
Oţel nealiat călit	24	20	16	13	11
Oţel rapid	37	35	30	29	25

În tabelul 3.6 sunt date valori recomandate pentru rezistenţa admisibilă σ_a.

Coada cuţitului se mai verifică şi la rigiditate statică. Săgeata f pe care cuţitul o capătă sub acţiunea forţelor de aşchiere nu trebuie să depăşească anumite valori admisibile în funcţie de calitatea prelucrării: $f \leq 0,1$ mm în cazul degroşărilor şi $f \leq 0,05$ mm în cazul finisărilor. Săgeata f se poate calcula cu relaţia:

$$f = (F_z l^3) / (3 E I_x)$$

în care l reprezintă lungimea cuţitului în consolă; E - modulul de elasticitate al materialului corpului cuţitului (pentru oţel $E = 2,1 \times 10^4$ daN/mm^2); I_x - momentul de inerţie al secţiunii corpului cuţitului [mm^4].

Momentul de inerţie I_x se determină cu relaţiile:
- pentru secţiune dreptunghiulară $I_x = B H^3 / 12$;
- pentru secţiune pătrată $I_x = B^4 / 12$;
- pentru secţiune circulară $I_x = \pi d^4 / 64 \approx 0.05 d^4$.

Calculul de dimensionare sau verificare recomandat este un calcul simplificat, dar acoperitor pentru cazurile curente întâlnite în practica tehnologică.

În cazul strunjirilor de mare productivitate, cu avansuri $s > 0,3$ mm/rot şi adâncimi de aşchiere $t > 1,5$ mm, partea activă este construită cu prag pentru sfărâmarea aşchiei.

Pentru cuţitele din oţel rapid în figura 3.4 sunt arătate câteva construcţii de praguri. Soluţia *I* este cel mai des folosită, soluţia *II* este recomandată pentru cuţite de interior, soluţiile *III* şi *IV* sunt folosite pentru operaţii de finisare, ultima recomandându-se pentru adâncimi sub 1 mm.

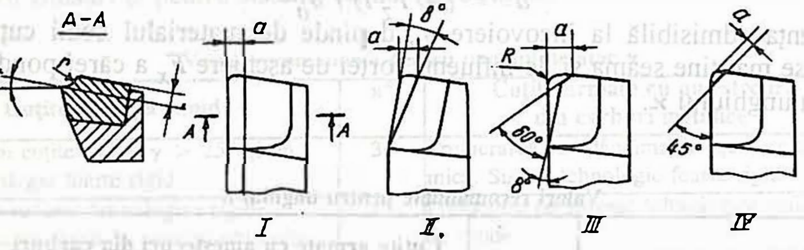


Fig. 3.4

Tabelul 3.7

Valori recomandate pentru lăţimea pragului, mm

Adâncime de aşchiere	Avansul, mm/rot				
	<0,3	0,3...0,45	0,45...0,6	0,6...0,7	0,7...1
<1,5	1,5	2	2,5	3	3,5
1,5...6	2,5	3	4	4,5	5
6...12	3	4	5	5,5	6
12...20	4	5	5,5	6	6,5

Adâncimea h a pragului 0,5...0,6 mm

Valorile recomandate pentru lăţimea a a pragului rezultă din tabelul 3.7. În cazul cuţitelor cu partea din amestecuri din carburi metalice pragul este ataşat părţii active.

În continuare, cuţitele de strung vor fi discutate după complexitatea construcţiei, criteriu după care acestea au fost împărţite în cuţite de strung simple şi cuţite de strung speciale.

3.1.1. Cuţite de strung simple

În această categorie intră toate cuţitele de strung folosite pentru toate tipurile de strunjiri (degroşări şi finisări exterioare sau interioare, cilindrice sau frontale, canelări sau retezări etc.) construite dintr-o bucată sau armate nedemontabil cu plăcute din oţel rapid sau amestecuri de carburi metalice. În majoritatea cazurilor ele sunt standardizate şi în unele cazuri normalizate (prin norme interne de execuţie). Datorită simplităţii constructive şi tehnologice, în tabelul 3.8 sunt centralizate principalele forme constructive ale cuţitelor simple pentru strunjit în variantele monobloc şi armate cu plăcuţe din amestecuri de carburi metalice. Toate dimensiunile sunt date în standardul respectiv.

3.1.2. Cuţite de strung speciale

În această categorie au fost înglobate toate cuţitele folosite la operaţiile de strunjire la a căror construcţie se foloseşte o îmbinare demontabilă a parţii active confecţionată din amestecuri de carburi metalice, materiale mineralo-ceramice, diamant monocristal sau policristale de diamant, nitrură cubică de bor ş.a. Vor fi remarcate construcţii deosebite de cuţite de strung folosite pentru prelucrarea oţelurilor refractare, a maselor plastice ş.a.

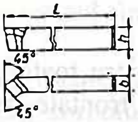
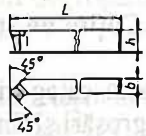
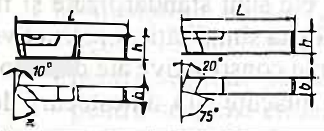
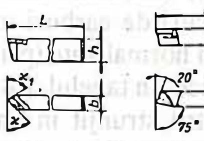
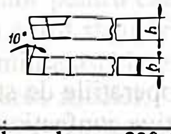
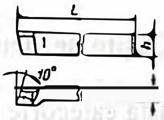
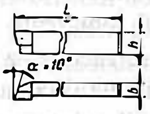
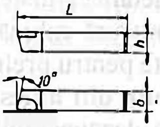
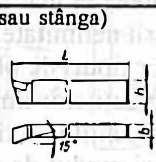
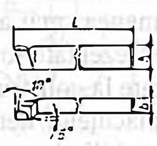
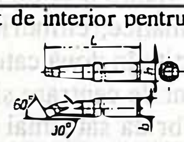
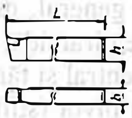
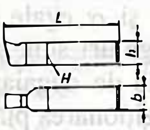
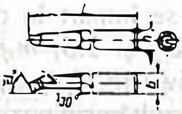
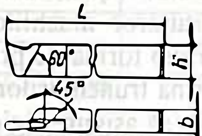
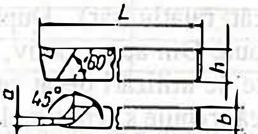
a) Cuţitele cu plăcuţe din amestecuri de carburi metalice au o largă răspândire. Prin construcţie, elimină dezavantajul existenţei tensiunilor interne care apar la lipirea (brazarea) plăcuţelor, dar au o construcţie relativ complexă şi mai scumpă decât cuţitele cu plăcuţe lipite. De asemenea, mai au avantajul folosirii nelimitate a corpului cuţitului.

În figura 3.5 sunt reprezentate formele principalelor tipuri de plăcuţe din amestecuri de carburi metalice utilizate la construirea părţii active a cuţitelor îmbinate demontabil cu corpul cuţitului. Forma plăcuţelor determină numărul muchiilor active, care constituie o caracteristică principală stabilind numărul de utilizări, şi modul de fixare a ei pe corpul cuţitului. În general, după forma geometrică, plăcuţele pot fi: prismatice, cilindrice sau trunchiuri de piramidă. După modul de fixare, plăcuţele pot fi împărţite în două categorii: cu orificiu central şi fără orificiu central. Primele folosesc ca element de centrare şi chiar de fixare un pivot (ştift) central, celelalte folosesc pentru fixare o bridă sau, mai rar, o pană. Din punct de vedere al modului de realizare a unghiurilor de degajare şi aşezare, plăcuţele se împart în două categorii: cu unghiuri constructive γ şi α egale cu zero (fig.3.5, *a-j* şi 3.5, *m,p,r*) şi a doua categorie la care aceste unghiuri sunt realizate constructiv (fig. 3.5, *k,l,n,o,q*). Pentru prima categorie unghiurile de degajare şi de aşezare rezultă prin poziţionarea plăcuţei în suportul ei. Tot prin poziţionarea plăcuţei se realizează şi unghiurile de orientare ale muchiei: de atac $\varkappa$ şi de înclinare λ. Plăcuţele nu se mai reascut (decât relativ rar). După uzarea tuturor muchiilor active plăcuţa se înlocuieşte cu una nouă. Din acest motiv, plăcuţele sub formă de prismă au posibilitatea unui număr mai mare de utilizări decât cele sub forma trunchiurilor de piramidă.

Fixarea mecanică trebuie să fie simplă şi ieftină, să asigure rigiditatea necesară şi să aibă o siguranţă în funcţionare ridicată. Există numeroase variante privind construcţia cuţitelor având plăcuţele fixate mecanic (demontabil).

Tabelul 3.8

Construcţii de cuţite simple

<table>
<tr><th>Oţel de scule</th><th>Amestecuri de carburi metalice</th></tr>
<tr><td colspan="2">1. Cuţit încovoiat (dreapta sau stânga)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">$b=10...50$; $h=10...50$; $L=90...240$</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. Cuţit drept (dreapta sau stânga)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">$b=10...50$; $h=10...50$; $L=110...240$</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Cuţit drept $\varkappa = 90°$ (dreapta sau stânga)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">$b=10...32$; $h=16...50$; $L=110...240$</td></tr>
<tr><td colspan="2">4. Cuţit lateral $\varkappa = 90°$ (dreapta sau stânga)</td></tr>
<tr><td>$b=12...25$; $h=20...40$;
$L=140...180$</td><td>$b=10...50$; $h=10...50$;
$L=90...240$</td></tr>
<tr><td colspan="2">5. Cuţit frontal (dreapta sau stânga)</td></tr>
<tr><td>$b=10...25$; $h=10...40$;
$L=140...180$</td><td>$b=20...50$; $h=20...50$;
$L=125...240$</td></tr>
<tr><td colspan="2">6. Cuţit de interior pentru găuri fără fund</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">$b=8...32$; $h=8...32$; $L=125...325$</td></tr>
<tr><td colspan="2">7. Cuţit lat pentru finisat</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">$b=12...25$; $h=20...40$; $L=125...200$</td></tr>
<tr><td colspan="2">8. Cuţit pentru retezat</td></tr>
<tr><td>$b=3...7,5$; $h=12...35$;
$L=100...150$</td><td>$b=8...32$; $h=12...50$;
$L=100...240$</td></tr>
</table>

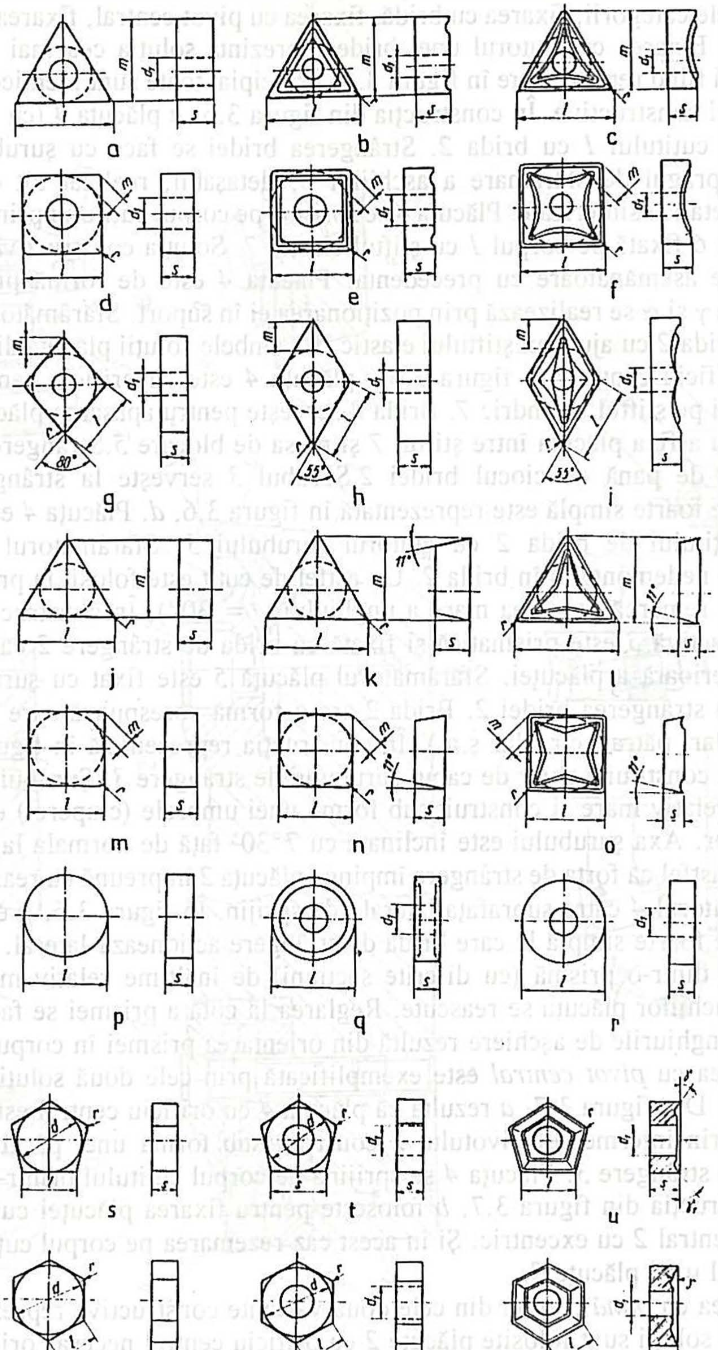


Fig. 3.5

Modurile de fixare mecanică a plăcuţelor din carburi metalice pot fi grupate în următoarele categorii: fixarea cu bridă, fixarea cu pivot central, fixarea cu pană şi fixarea cu colier. Fixarea cu ajutorul unei bride reprezintă soluţia cea mai răspândită, câteva construcţii fiind reprezentate în figura 3.6. Principial toate sunt identice, ele se deosebesc prin detalii constructive. În construcţia din figura 3.6, *a* plăcuţa *4* (cu $\alpha \neq 0$) este fixată pe corpul cuţitului *1* cu brida *2*. Strângerea bridei se face cu şurubul *3*. Construcţia foloseşte pragul de sfărâmare a aşchiilor *5*, detaşabil, realizat tot din amestecuri de carburi metalice sinterizate. Plăcuţa *4* se sprijină pe corpul cuţitului prin intermediul plăcii de reazem *6* fixată pe corpul *1* cu ştiftul elastic *7*. Soluţia constructivă din figura 3.6, *b* este foarte asemănătoare cu precedenta. Plăcuţa *4* este de formă prismatică astfel că unghiurile γ şi α se realizează prin poziţionarea ei în suport. Sfărâmătorul de aşchii *5* este fixat pe brida *2* cu ajutorul ştiftului elastic. La ambele soluţii plăcuţa din carburi metalice nu are orificiu central. În figura 3.6,*c* plăcuţa *4* este cu orificiu central folosit pentru sprijinul ei pe ştiftul cilindric *7*. Brida *2* serveşte pentru apăsarea plăcuţei *4* şi reazemul *6* şi pentru a fixa plăcuţa între ştiftul *7* şi piesa de blocare *5*.Strângerea piesei *5* se face prin efect de pană de ciocul bridei *2*.Şurubul *3* serveşte la strângerea bridei *2*. O construcţie foarte simplă este reprezentată în figura 3.6, *d*. Plăcuţa *4* este fixată direct pe corpul cuţitului de brida *2* cu ajutorul şurubului *3*. Sfărâmătorul de aşchii *5* este încorporat nedemontabil în brida *2*. Un astfel de cuţit este folosit la prelucrarea aliajelor uşoare (se remarcă valoarea mare a unghiului $\gamma = 30°$). În construcţia din figura 3.6, *e* plăcuţa activă *3* este prismatică şi fixată cu brida de strângere *2* care acţionează prin partea inferioară a plăcuţei. Sfărâmătorul plăcuţă *5* este fixat cu şurubul *4*. Şurubul *6* serveşte la strângerea bridei 2. Brida 2 are o formă corespunzătoare profilului plăcuţei (triunghiular, pătrat, circular ş.a.). În construcţia reprezentată în figura 3.6, *f* brida de fixare este constituită chiar de capul şurubului de strângere *3*. Şurubul *3* are capul cu un diametru relativ mare şi construit sub forma unei umbrele (ciuperci) elastice lucrând ca un arc taler. Axa şurubului este înclinată cu 7°30' faţă de normala la planul de aşezare a plăcuţei astfel că forţa de strângere împinge plăcuţa *2* împreună cu reazemul suplimentar *5* şi spărgătorul *4* către suprafaţa laterală de sprijin. În figura 3.6, *g* este reprezentată o construcţie foarte simplă la care brida de strângere acţionează lateral. Partea activă este constituită dintr-o prismă (cu diferite secţiuni) de înălţime relativ mare. După uzarea tuturor muchiilor plăcuţa se reascute. Reglarea la cotă a prismei se face cu un şurub de reglare. Unghiurile de aşchiere rezultă din orientarea prismei în corpul cuţitului.

Fixarea cu *pivot central* este exemplificată prin cele două soluţii constructive din figura 3.7. Din figura 3.7, *a* rezultă că plăcuţa *4* cu orificiu central este fixată pe corpul cuţitului prin intermediul pivotului 2 construit sub forma unei pârghii şi acţionată de şurubul de strângere *3*. Plăcuţa *4* se sprijină pe corpul cuţitului printr-un reazem *5*.

Construcţia din figura 3.7, *b* foloseşte pentru fixarea plăcuţei cu orificiu central *4* un pivot central 2 cu excentric. Şi în acest caz rezemarea pe corpul cuţitului se face prin intermediul unei plăcuţe *3*.

Fixarea cu *pană* rezultă din cele două variante constructive reprezentate în fig.3.8. La ambele soluţii sunt folosite plăcuţe 2 cu orificiu central necesar orientării plăcuţei cu ştiftul central *4*. Fixarea se face cu pana *3* strânsă cu şurubul *5*. La construcţia din figura 3.8, *a* (firma SANDVIK) şurubul *5* are două porţiuni filetate: partea inferioară pe dreapta şi cea superioară pe stânga.

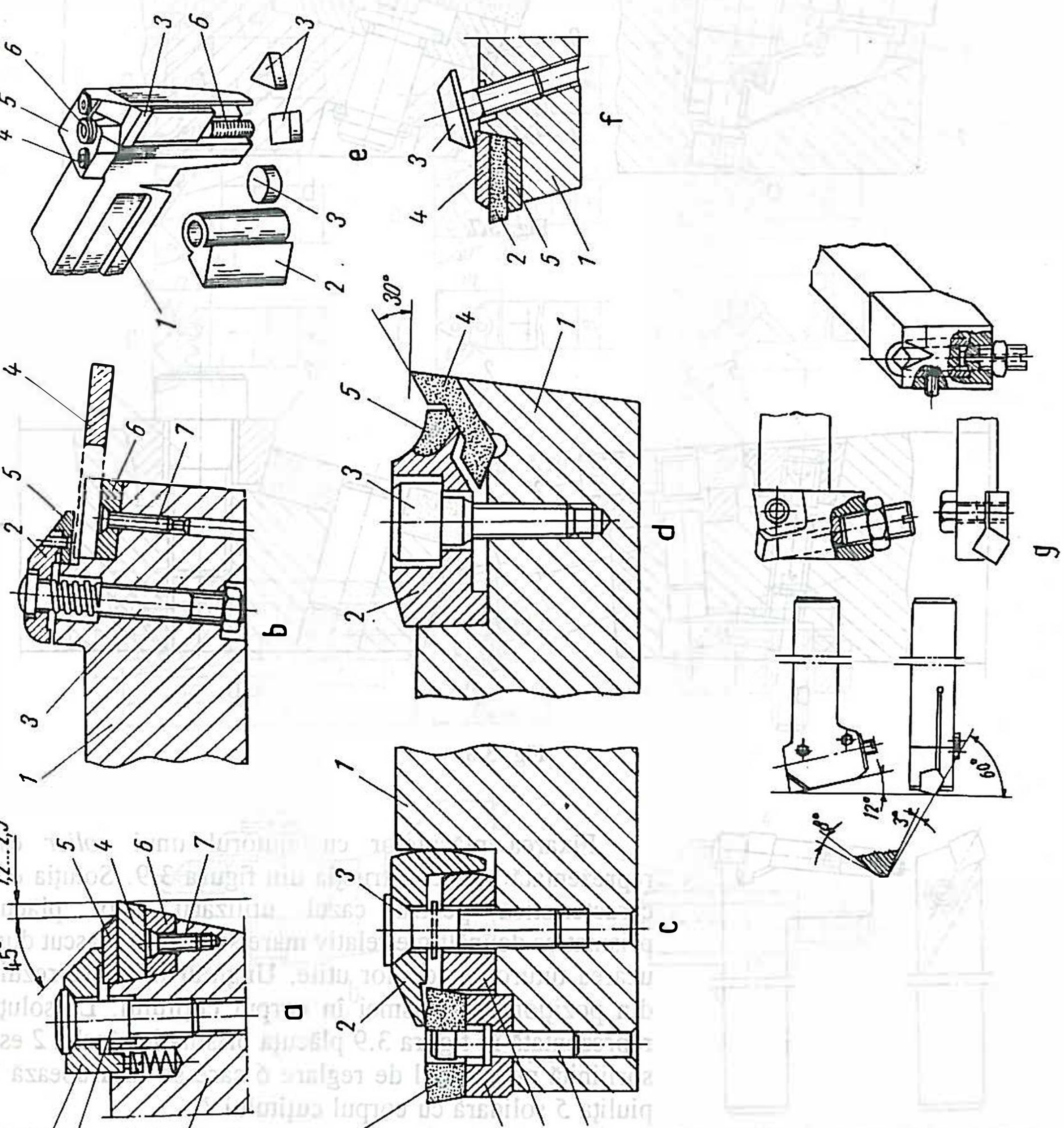


Fig. 3.6

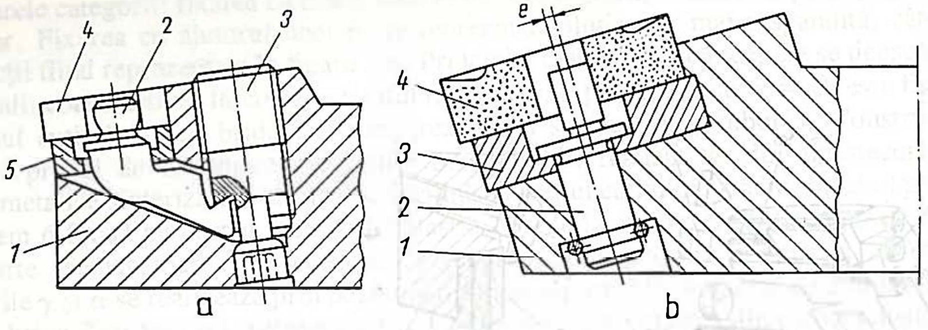


Fig. 3.7

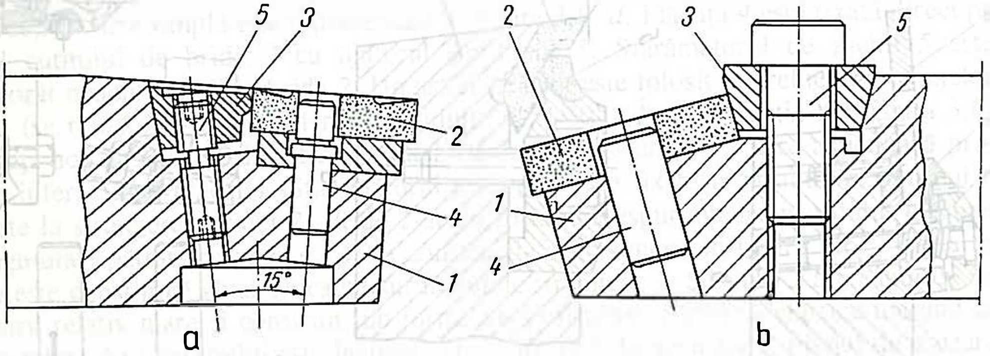


Fig. 3.8

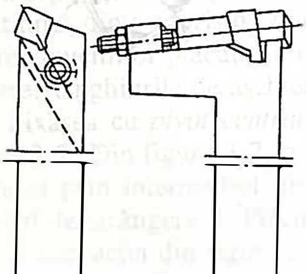


Fig. 3.9

Fixarea plăcuţelor cu ajutorul unui *colier* este reprezentată prin construcţia din figura 3.9. Soluţia este caracteristică pentru cazul utilizării unor plăcuţe prismatice de înălţime relativ mare şi care se reascut după uzarea tuturor muchiilor utile. Unghiurile active rezultă din poziţionarea prismei în corpul cuţitului. La soluţia reprezentată în figura 3.9 plăcuţa prismatică înaltă *2* este sprijinită pe şurubul de reglare *6* care se înşurubează în piuliţa *5* solidară cu corpul cuţitului *1*.

Blocarea plăcuţei *2* se face cu ajutorul colierului *3* strâns cu şurubul *4*. Reglarea la cota se face cu şurubul de reglare *6*.

În ceea ce priveşte unghiul de atac κ acesta depinde de felul prelucrării şi suprafeţei de strunjit.

Unghiul κ se realizează prin poziţionarea plăcuţei în

corpul cuţitului. Câteva variante, depinzând de forma plăcuţei, sunt schematic reprezentate în figura 3.10. În funcţie de forma şi poziţia în suport a placuţei se realizează o anumită valoare a unghiului de atac şi cuţitul este folosit pentru o anumită operaţie de strunjire, cilindrică exterioară, interioară, frontală, canelare ş.a.

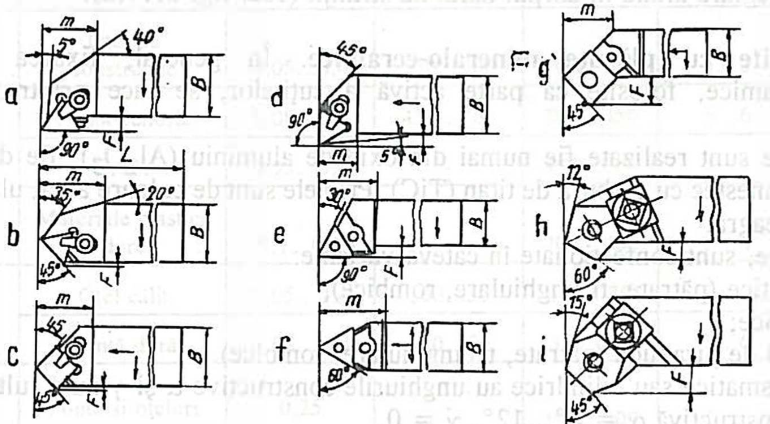


Fig. 3.10

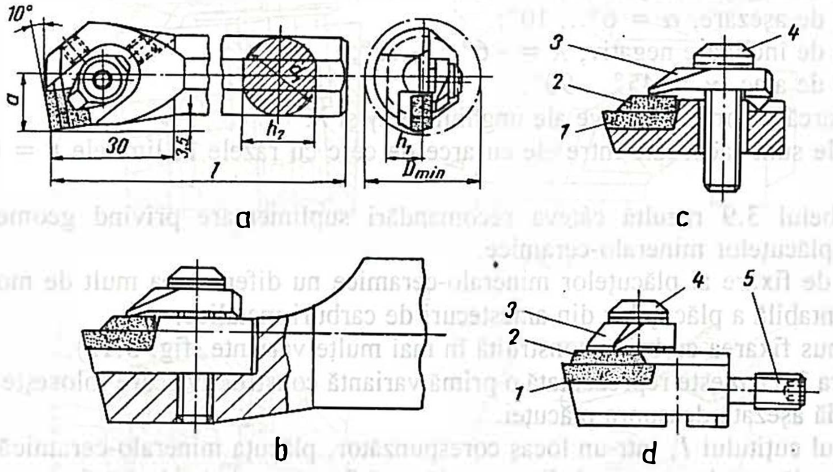


Fig. 3.11

Sunt realizate şi numeroase variante constructive pentru cuţite de strunjit interior cu partea activă din plăcuţe de carburi metalice sinterizate îmbinate demontabil pe corpul cuţitului.

În figura 3.11,*a* şi *b* sunt arătate două bare de strunjit interior având plăcuţele şi spărgătoarele de aşchii fixate printr-o bridă.

Pe aceste bare sunt montate casete care conţin partea activă a cuţitului. Două

construcţii de asemenea casete sunt reprezentate în figura 3.11,*c* şi *d*. Fixarea plăcuţei *1* şi a spărgătorului *2* se face cu brida *3* strânsă cu şurubul *4*.

La soluţia din figura 3.11,*d* şurubul *5* serveşte pentru reglarea poziţiei casetei în bara de strunjit. În cazul construcţiei din figura 3.11,*c*, reglarea poziţiei casetei se face cu şuruburi de reglare aflate în corpul barei de strunjit (vezi fig. 3.11,*a*).

b) Cuţite cu plăcuţe mineralo-ceramice. În general, fixarea plăcuţelor mineralo-ceramice, folosite ca parte activă a cuţitelor, se face printr-o îmbinare demontabilă.

Plăcuţele sunt realizate fie numai din oxid de aluminiu (Al_2O_3), fie din oxid de aluminiu în amestec cu carbură de titan (TiC). Primele sunt de culoare albă, ultimele sunt de culoare neagră.

Ca forme, sunt confecţionate în câteva variante:
- prismatice (pătrate, triunghiulare, rombice);
- cilindrice;
- trunchi de piramidă (pătrate, triunghiulare, rombice).

Cele prismatice sau cilindrice au unghiurile constructive α şi γ nule, ultimele au o geometrie constructivă $\alpha = 6°...12°$, $\gamma = 0$.

Geometria funcţională este realizată prin poziţionarea plăcuţei pe corpul cuţitului.

În general, nu se construiesc plăcuţe mineralo-ceramice cu orificiu central.

Geometria funcţională a cuţitelor se recomandă a fi în limitele:
- unghi de degajare negativ, $\gamma = -6°... -10°$;
- unghi de aşezare, $\alpha = 6°... 10°$;
- unghi de înclinare negativ, $\lambda = -6°... -10°$;
- unghi de atac, $\varkappa = 45°... 90°$.

Se remarcă valorile negative ale unghiurilor γ şi λ.

Muchiile sunt racordate între ele cu arce de cerc cu razele în limitele $r = 0{,}4...3$ mm.

Din tabelul 3.9 rezultă câteva recomandări suplimentare privind geometria şi exploatarea plăcuţelor mineralo-ceramice.

Modul de fixare al plăcuţelor mineralo-ceramice nu diferă prea mult de modul de fixare demontabilă a plăcuţelor din amestecuri de carburi metalice.

S-a impus fixarea cu bridă construită în mai multe variante (fig. 3.12).

În figura 3.12,*a* este reprezentată o primă variantă constructivă care foloseşte pentru fixare o bridă aşezată deasupra plăcuţei.

În corpul cuţitului *1*, într-un locaş corespunzător, plăcuţa mineralo-ceramică *2* este aşezată peste plăcuţa de reazem *3*. Fixarea plăcuţei *2* se face de brida *5* prin intermediul sfărâmătorului de aşchii *6*. Brida *5* este fixată cu ajutorul şurubului *4*. Reazemul suplimentar *3*, confecţionat tot din material mineralo-ceramic este fixat pe corpul cuţitului cu şurubul *7*. Sfărâmătorul de aşchii *6* are forma corespunzătoare plăcuţei active şi are posibilitatea de a i se regla poziţia faţă de muchia principală. Poziţia, dată prin cota b_1, se reglează cu ajutorul unor şanţuri longitudinale existente pe faţa superioară a sfărâmătorului. Reglarea se face în limitele 0,4...5 mm.

Plăcuţa reazem suplimentar *3* are forma asemănătoare cu plăcuţa *2*, cu cotele reduse faţă de aceasta, şi cu un orificiu central.

Tabelul 3.9

Utilizarea materialelor mineralo-ceramice

Operaţia şi materialul sculei	Materialul piesei	Avansul *mm/rot*	Viteza de aşchiere		Geometria sculei	
			Degroşare	Finisare	$\alpha°$	$\gamma°$
Strunjire Oxid de aluminiu	Oţel de construcţie	0,05...0,4	550...200	700...260	5...8	-5...12
	Fontă cenuşie	0,08...0,8	450...260	700...450	5...6	-5...0
	Bronz	0,05...0,2	-	400...600	5...8	0...1
	Materiale plastice dure	0,1...0,5	-	200...400	5...6	0...1
Strunjire Cermet	Oţel călit	0,05...0,4	100...30	100...30	5...6	-5...0
	Fontă dură	0,08...0,6	250...50	350...50	5...6	-5
Frezare Cermet	Fonte şi oţeluri	0,25	-	190...200	5...6	-6

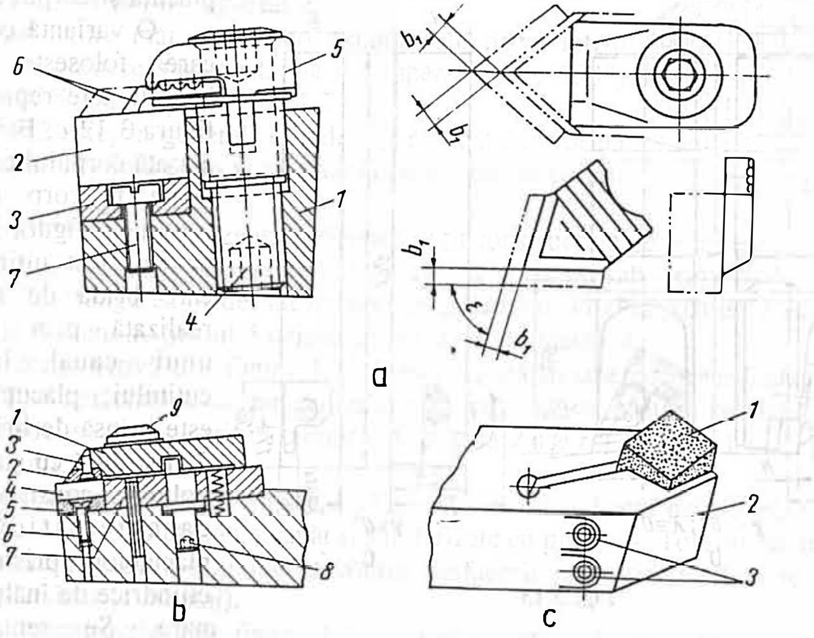


Fig. 3.12

În figura 3.12,*b*, este reprezentată o a doua variantă de fixare cu bridă superioară. Plăcuţa activă *4* este fixată de brida *1* prin intermediul sfărâmătorului de aşchii *2*. Plăcuţa *4* se sprijină pe corpul cuţitului prin intermediul reazemului suplimentar *5*. Sfărâmătorul de aşchii *2*, confecţionat din amestecuri de carburi metalice sau oţel rapid, este fixat pe

brida *1* cu ştiftul *3*. Fixarea bridei *1* se face cu şurubul *9*. P o z i ţ i o n a r e a sfărâmătorului de aşchii faţă de muchia principală se face cu ajutorul excentricului *8*. Reazemul suplimentar *5* se fixează cu şurubul *6*. Plăcuţa *7* joacă rol de reazem lateral şi sprijin suplimentar pentru brida *1*.

La construcţiile mai vechi între plăcuţa activă şi corpul cuţitului, în locul reazemului suplimentar, se aşează o folie de cupru cu grosimea 0,2...0,5 mm n e c e s a r ă r e d u c e r i i tensiunilor de contact dintre plăcuţă şi corpul cuţitului.

O variantă constructivă care foloseşte o bridă laterală este reprezentată în figura 3.12,*c*. Brida poate fi ataşată corpului cuţitului sau poate fi corp comun cu acesta. În figura 3.12,*c* este exemplificat ultimul caz în care brida de fixare este realizată prin practicarea unui canal în corpul cuţitului: plăcuţa înaltă *1* este prinsă de brida elastică *2* şi strânsă cu şuruburile *3*. Soluţia constructivă este c a r a c t e r i s t i c ă n u m a i plăcuţelor prismatice sau cilindrice de înălţime relativ mare. Se remarcă lipsa sfărâmătorului de aşchii.

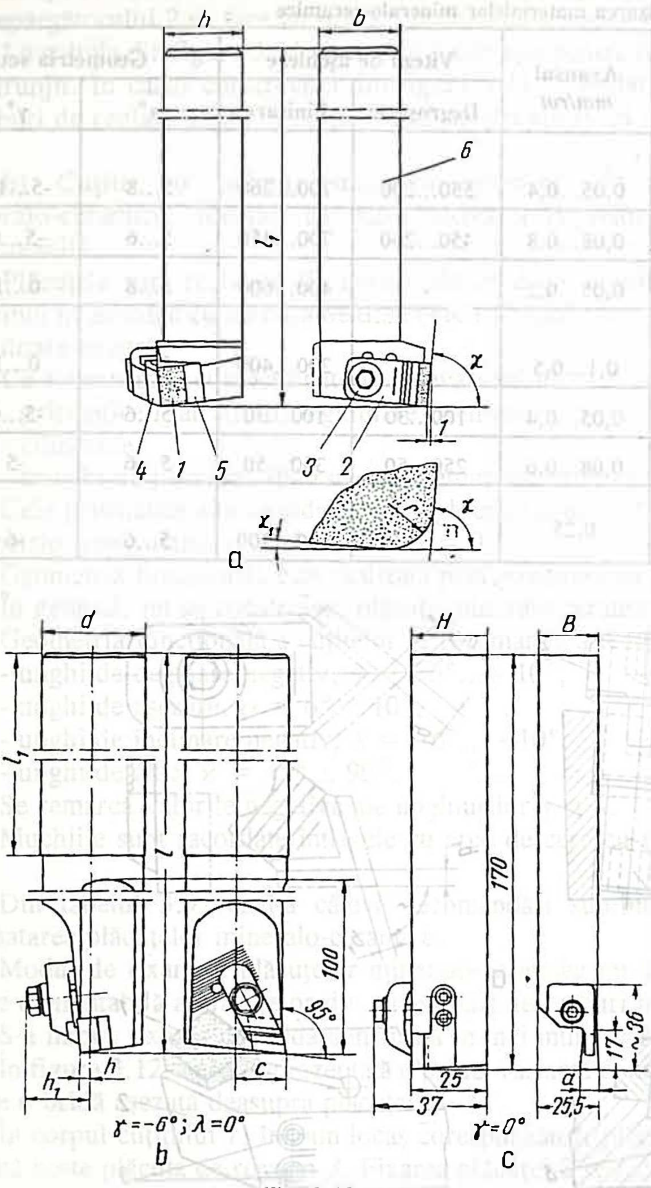


Fig. 3.13

În figura 3.13 sunt arătate trei construcţii de cuţite de strung armate cu amestecuri de carburi metalice: un cuţit de strunjit exterior (fig. 3.13,*a*), un cuţit de strunjit interior (fig. 3.13,*b*) şi un cuţit de retezat (fig. 3.13,*c*).

c) Cuţite cu partea activă din materiale extradure. În categoria materialelor extradure intră următoarele materiale: diamantul natural sau sintetic sub formă de

monocristale sau policristale şi nitrura cubică de bor (*NCB*), de asemenea, sub formă de mono sau policristale. (Mai rar, se folosesc şi cristale de rubin sau safir).

Policristalele, care armează partea activă a cuţitelor, sunt livrate sub forma unor pastile ce au în compoziţie granule din materialul extradur într-o masă de liant metalic sau sinterizate pe un suport de carbură metalică sinterizată. Grosimea stratului din policristale este de ordinul a 0,5 mm, iar grosimea totală a plăcuţei de ordinul 1,5...5 mm. Plăcuţele din policristale se livrează sub diferite forme constructive: cilindrice şi prismatice, fără orificiu central şi fără geometrie constructivă ($\gamma = 0$; $\alpha = 0$).

Monocristalele de diamant folosite ca parte activă pentru cuţite au mărimea de 0,3...1 carat. Dezavantajul principal al materialelor extradure care au la bază diamantul îl constituie proprietatea de afinitate faţă de *Fe*, precum şi procesul de grafitizare a lui la temperaturile ce apar în procesul de aşchiere (700 °C...800 °C). De aceea, prelucrarea cu scule armate cu diamant mono sau policristale este recomandată materialelor neferoase sau nemetalice; pentru materialele feroase recomandările au rămas încă la stadiul de încercări.

Monocristalele sau plăcuţele din policristale sunt fixate în suportul lor fie prin lipire fie printr-o îmbinare demontabilă.

În figura 3.14 este reprezentată prinderea părţii active prin lipire (brazare). Diamantul (sau plăcuţa) *1* este lipită cu aliaj de lipire (pe bază de zinc) în suportul *2*.

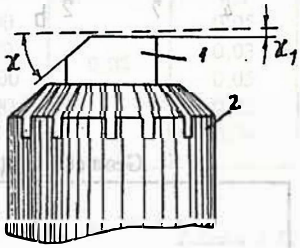


Fig. 3.14

În construcţiile mai noi monocristalul este prins într-o compoziţie de pulbere sinterizată (la o temperatură de 650°) formată din 80% Cu, 15% Sn şi 5% Pb.

Suportul *2* este, în general, cilindric şi realizat sub forma unei bucşi elastice, fiind prins şi orientat la rândul său în corpul cuţitului.

În figura 3.15 sunt reprezentate câteva soluţii constructive de prindere demontabilă.

În figura 3.15,*a*, mono sau policristalul *1* este fixat sub brida *3* de pe corpul portcuţitului *2*, strângerea bridei făcându-se cu şurubul *6*. Poziţia pastilei *1* este limitată de plăcuţa de reazem *4*. Ştiftul *5* orientează bridą *3* şi plăcuţa *4*.

Soluţia constructivă din figura 3.15,*b* este asemănătoare cu precedenta numai că partea activă se reazemă pe corpul cuţitului prin intermediul pastilei semisferice *4*, iar rezemarea bridei se face pe ştiftul cilindric *5*. Pastila *7* are rol de închidere şi protecţie, la ambele soluţii.

La soluţia constructivă din figura 3.15,*c*, partea activă *1* este prinsă între corpurile semicilindrice *2* şi *3*, filetate la un capăt şi solidarizate cu piuliţa *4*. Tot subansamblul este introdus în bucşa (ţeava) *6* şi blocat contra desfacerii prin ştiftul cilindric *5* (ştiftul cilindric *5* este fixat la montaj).

În cazul construcţiei din figura 3.15,*d*, partea activă *1* (cu suprafaţa de reazem sferică), este prinsă între fălcile *2* şi *3* care joacă rolul unei bucşe elastice. Strângerea se face cu şurubul *5* pe ajustajul conic format din semibucşele *2*, *3* şi ţeava *4*. Pentru strângere se foloseşte o cheie *8* care trece prin orificiul piuliţei de protecţie *7*.

Geometria cuţitelor armate cu materiale extradure rezultă din tabelul 3.10.

Unghiul de înclinare λ are valoarea 0°, dar se îmbunătăţesc condiţiile de aşchiere dacă se alege $\lambda = +(5°...10°)$. Unghiul de atac secundar $\varkappa_1$ poate coborâ până la valori de $\varkappa_1 = 2°...5°$ în cazul prelucrărilor de finisare.

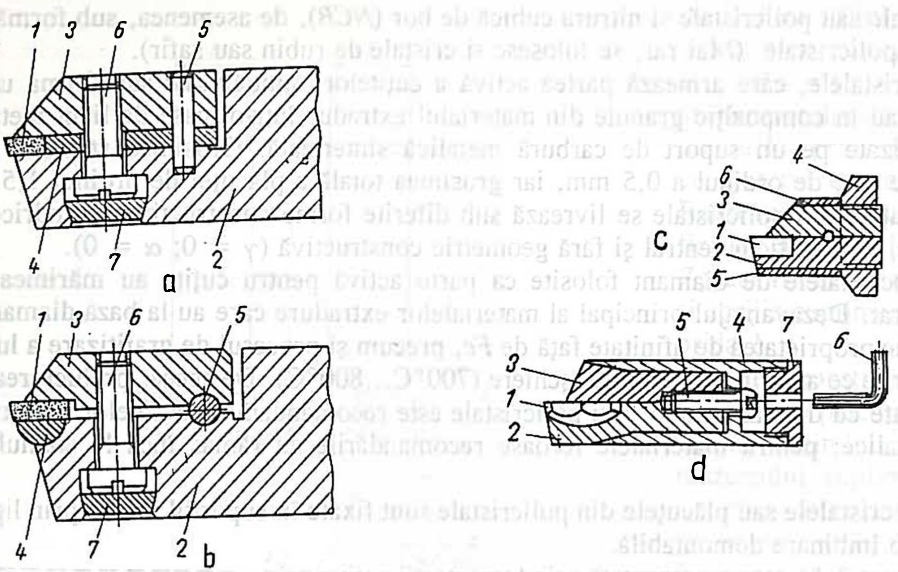
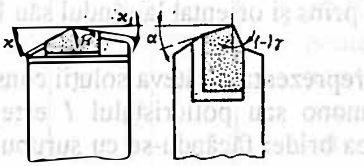


Fig. 3.15

Tabelul 3.10

Geometria cuţitelor armate cu diamant sau policristale de diamant şi NCB



	Materialul de prelucrat	$\gamma°$	$\alpha°$	$\chi°$	χ_1	Raza R la vârf, [mm]	$\lambda°$
Diamant	Aliaje de aluminiu, materiale plastice, alama	0°÷-3°	8°÷12°	30°÷90°	0°÷10°	0,2÷0,8	5°÷7°
	Bronz, aliaje dure (Ti, Al), ceramică	-3°÷-8°	6°÷8°	30°÷90°	0÷10°	0,2÷0,8	0°
Policristale de diamant şi NCB	Aliaje de aluminiu, materiale plastice, alamă	0°÷-8°	8°÷12°	40°÷60°	15°÷30°	0,2÷0,4	5°÷7°
	Bronz, aliaje dure (Ti, Al), ceramică	0°÷-6°	8°÷10°	40°÷50°	10°÷20°	0,30,6	0°

În tabelele 3.11 şi 3.12 sunt făcute recomandări privind exploatarea cuţitelor armate cu materiale extradure. De observat că prelucrarea cu partea activă pe bază de diamant este recomandată materialelor neferoase; pentru materialele feroase recoman-

dările făcute în cele două tabele sunt la stadiul de încercări.

Folosirea cuţitelor armate cu mono sau policristale extradure poate fi extinsă, cu aceleaşi recomandări privind geometria, regimurile de aşchiere şi condiţiile în care are loc prelucrarea, şi la operaţii de alezare şi frezare cu cuţitul.

Tabelul 3.11

Regimuri de aschiere pentru scule armate cu monocristale de diamant si NCB (strunjire, alezare)

Materialul de prelucrat	Degroşare			Finisare		
	v, mm/min	*s*, mm/rot	*t*, mm	*v*, mm/min	*s*, mm/rot	*t*, mm
Aliaj de aluminiu	200-350	0,2-0,3	0,1	350-500		0,05
Aliaj antifricţiune	260-380	0,2	0,1	350-500		0,02
Bronz	150-250	0,2	0,3	300-800		0,02
Cupru	300-400	0,1	0,5	600-700	0,05	0,03
Alamă	150-300	0,2	0,3	600-800		0,03
Magneziu	300-400	0,2	0,1	300-600		0,02
Incercări						
Oţel inoxidabil	600-700	0,2	0,1	700-800		0,05
Titan	400-500	0,2	0,1	500-800		0,1
Fontă	300-400	0,1	0,5	500-600		0,05
Carburi de wolfram	250-300	0,1	0,5	300-500		0,03
Materiale ceramice	500-600	0,2	0,1	800-1200	0,05	0,05
Cauciuc	400-600	0,1	0,05	500-800		0,05
Mase plastice armate cu sticlă	80-150	0,1	0,15	200-500		0,04

Tabelul 3.12

Regimuri de aşchiere pentru scule armate cu policristale de diamant şi NCB (strunjire, alezare)

Materialul de prelucrat	*v*, m/min	*s*, mm/rot	*t*, mm
Aliaje de Al şi Si	200-700		0,2-1
Cupru	300-400		0,2-0,8
Alamă	300-400		0,2-0,5
Mase plastice armate cu sticlă	400-500	0,02-0,07	0,5-1,5
Materiale ceramice	150-200		0,2-0,5
Amestecuri de carburi metalice	15-40		0,1-0,15
Aliaje dure	80-100		0,05-0,15

Câteva recomandări în plus privind exploatarea acestor cuţite:

- rigiditatea foarte mare a sistemului maşină-unealtă-piesă-sculă-dispozitiv;
- bătaia radială a arborelui principal sub 0,005 mm la strunguri şi 0,003 mm la maşinile de alezat;
- bătaia axială a arborelui principal sub 0,008 mm la strunguri şi 0,005 mm la maşinile de alezat;
- vitezele principale de aşchiere în limitele 1200...1500 m/min impun maşini-unelte cu turaţii mari la arborele principal;
- lanţuri cinematice de avans de mare precizie şi fineţe care să realizeze avansuri de 0,02 mm/rot cu precizie de 0,005 mm;
- sisteme tehnologice cu vibraţii reduse şi izolarea lor la surse de vibraţii parazite;

transmisii în lanţurile cinematice cu curele continui;

- vârful cuţitului se găseşte pe axa sau sub axa piesei cu 0,1...0,3 mm la strunjirile exterioare şi cu aceeaşi cotă peste în cazul celor interioare;

- criteriul de uzură recomandat este cel al uzurii pe faţa de aşezare cu valoarea limitată $h \leq 0{,}02$ mm, depăşirea ei influenţând negativ rugozitatea suprafeţei prelucrate;

- folosirea lichidelor de răcire-ungere în funcţie de materialul piesei:

pentru aliaje de aluminiu se foloseşte petrolul lampant sau emulsie din 30% ulei de rapiţă şi 70% vaselină;

pentru aliaje de cupru se foloseşte sulfofrezolul;

pentru aliaje de titan şi materiale plastice se foloseşte emulsie de ulei 5% în apă.

d) Cuţite pentru prelucrat oţeluri refractare sau inoxidabile. Cuţitele trebuie să aibă o rigiditate sporită şi un sfărâmător de aşchii solid.

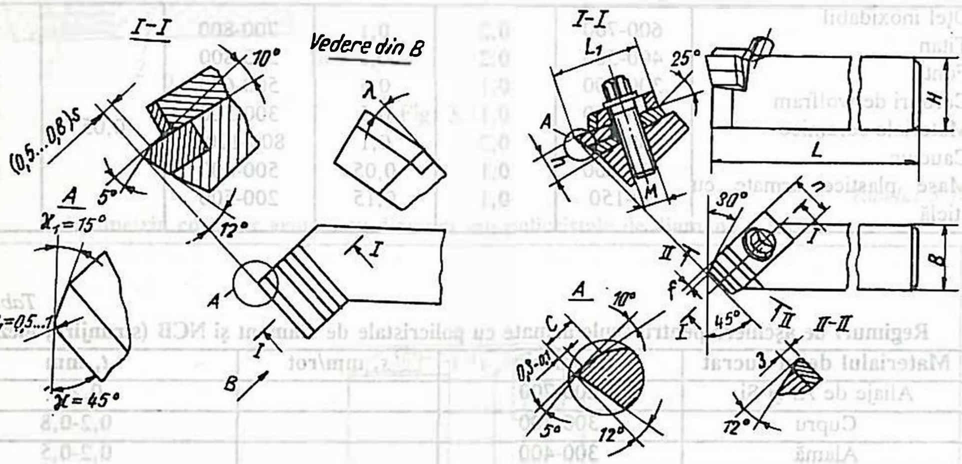


Fig. 3.16

În figura 3.16 sunt reprezentate două construcţii din care rezultă şi elementele geometrice. Unghiurile de degajare si de aşezare rezultă din figură.

În cazul prelucrării cu grad mare de discontinuitate sau adaos neuniform, unghiul de înclinare se alege $\lambda = 5°...10°$ şi unghiul de atac secundar $\varkappa_1 = 30°...45°$. În funcţie de rigiditatea sistemului tehnologic, unghiul de atac principal poate fi $\varkappa = 30°...90°$ (valori mici pentru rigidităţi mari).

Se folosesc cuţite cu plăcuţe din amestecuri de carburi metalice. Marca plăcuţei se alege în funcţie de materialul de prelucrat.

Pentru prelucrarea fără şocuri se aleg plăcuţe de calitatea *P20*, iar pentru degroşări sau strunjiri cu şocuri (suprafeţe sau adaosuri neuniforme) se aleg plăcuţe de calitatea *K30*. Pentru prelucrarea oţelurilor refractare cu *Ni*, cu regimuri fără şocuri, pentru suprafeţe fără crustă dură se foloseşte marca *K30* sau *K10*. Corpul cuţitului se confecţionează din oţel slab aliat (ex. 40C10) cu o duritate după tratamentul termic de

45...50 HRC.

Plăcuţa din amestecuri de carburi metalice, de grosime minimă de 3,5 mm, este sudată într-un pat de *Cu* electrolitic (vezi fig. 3.16,*b*) împreună formând pastila ce se montează pe corpul cuţitului. Spărgătorul de aşchii (reglabil) se confecţionează din *OLC 45* armat cu o plăcuţă lipită marca *K30* (grosimea de 3,5 mm).

În tabelul 3.13 sunt date principalele dimensiuni ale construcţiei din figura 3.16,*b*.

Tabelul 3.13

Recomandări privind dimensiunile cuţitelor de strung cu plăcuţe cu prindere mecanică, *mm*

B	H	L	n	h	L_1	C (minima)	f
22	25	125	14	8,78	29	1,8	1
25	30	150	18	11,27	35	2,2	1,5

e) Cuţite pentru prelucrarea cu avansuri mari. Pentru regimuri de aşchiere extensive sunt folosite cuţite cu partea activă din amestecuri de carburi metalice, cu o anumită geometrie şi la care se remarcă existenţa unor spărgătoare de aşchii pronunţate.

Pe faţa de degajare, la unele construcţii apare o cavitate care are rolul fragmentării aşchiei.

În figura 3.17 sunt exemplificate două soluţii constructive. In primul caz, cavitatea este sub formă cilindrică de diametru *d*, iar în al doilea caz, aceasta este semicilindrică.

Cavitatea (craterul) se execută prin electroeroziune. În cazul prelucrării oţelului tăişul are o faţetă pe faţa de degajare f = 0,4...0,8 mm cu un unghi de degajare negativ. Această faţetă nu apare în cazul prelucrării fontelor.

În tabelul 3.14 se încearcă o sistematizare a diferitelor forme recomandate pentru partea activă a cuţitelor de mare productivitate.

Din tabelul 3.15 rezultă şi geometria părţii active în funcţie de materialul piesei şi de secţiunea aşchiei.

Aceste cuţite prelucrează cu avansuri s > 0,7 mm/rot şi adâncimi de aşchiere t > 0,7 mm, ajungând la secţiuni transversale ale aşchiei mai mari de 5 mm^2.

Sunt recomandate şi alte forme de praguri de sfărâmare a aşchiei, două soluţii fiind reprezentate în figura 3.18.

În figura 3.18,*a*, acesta este construit sub forma cavităţii cilindrice de rază *R*.

Pentru avansuri s = 0,3...1 mm/rot dimensiunile din figura 3.18,*a* sunt următoarele: f = 0,2...0,8 mm; R = 2,5...5 mm, B = 5...10 mm, h = 0,15...0,3 mm.

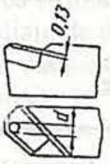
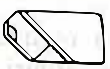
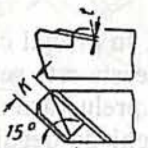
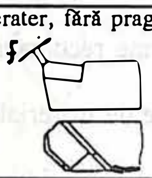
Pentru construcţia cu prag din figura 3.18, *b* în cazul prelucrărilor cu avansuri s = 0,1 ... 1 mm/rot şi adâncimi t = 1 ... 10 mm, dimensiunile sunt următoarele: B = 2,5 ... 6 mm, f = 0,15...0,4 mm, h = 0,1...0,2 mm.

f) Cuţite pentru prelucrarea maselor plastice. Pentru aceste prelucrări sunt folosite cuţite armate cu plăcuţe lipite din amestecuri de carburi metalice de calităţile K10 sau K20. Parametrii geometrici şi forma părţii active rezultă din tabelul 3.16. Din acelaşi tabel rezultă şi calitatea materialului de prelucrat.

În scopul obţinerii unei rugozităţi reduse a suprafeţei de prelucrat, se recomandă o finisare suplimentară a părţii active după reascuţire. Operaţia de rodare se va face fie cu discuri de fontă şi pastă de carbură de bor cu granulaţia de 200, fie cu discuri de diamant.

Tabelul 3.14

Construcţia părţii active a cuţitelor de strung armate cu carburi metalice folosite pentru prelucrări cu avansuri mari

<table>
<tr><th>Forma feţei de degajare. Schiţa</th><th>Recomandări funcţionale</th></tr>
<tr><td>Plană, cu faţetă cu $\gamma_f < 0$, cu crater circular
</td><td><table>
<tr><td rowspan="4">Adâncimea de aşchiere t, mm</td><td colspan="2">Prelucrarea oţelului</td></tr>
<tr><td colspan="2">Avansul, mm/rot</td></tr>
<tr><td>0,7 … 1,5</td><td>> 1,5</td></tr>
<tr><td colspan="2">Diametrul craterului</td></tr>
<tr><td>0,7 … 1,5</td><td>2,5</td><td>2,5; 3,5</td></tr>
<tr><td>1,5 … 2,5</td><td>2,5; 3,5</td><td>3,5</td></tr>
<tr><td>> 2,5</td><td colspan="2">3,5</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Plană, cu faţetă cu $\gamma_f < 0$, cu crater semicircular
</td><td>Prelucrarea oţelului cu regimuri
$t > 0,7$ mm şi $s > 0,7$ mm/rot</td></tr>
<tr><td>Plană, cu faţetă cu $\gamma_f < 0$, cu prag
</td><td><table>
<tr><td colspan="4">Prelucrarea oţelului</td></tr>
<tr><td>t</td><td>1 … 1,5</td><td>1,5 … 2,5</td><td>2,5 … 4</td></tr>
<tr><td>k</td><td>4 … 5</td><td>5 … 6</td><td>6 … 8</td></tr>
<tr><td colspan="4">$s \leq 5$ mm/rot</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Plană, fără crater, fără prag.
</td><td>Prelucrarea oţelului şi a fontei. În cazul fontei $f = 0$.
La prelucrarea oţelului trebuie spărgător de aşchii.</td></tr>
</table>

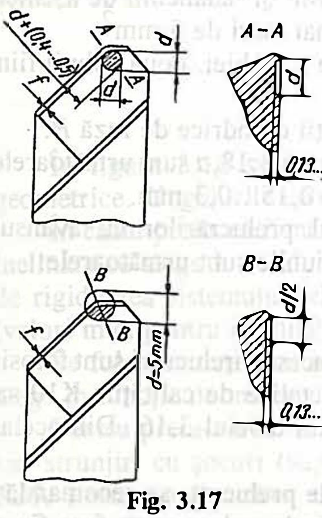


Fig. 3.17

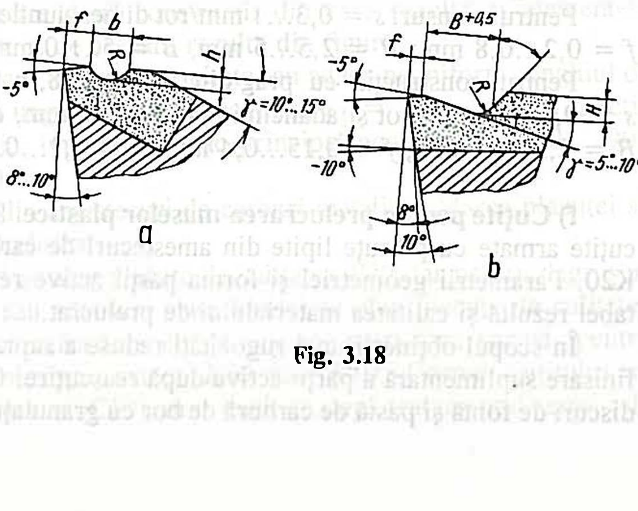
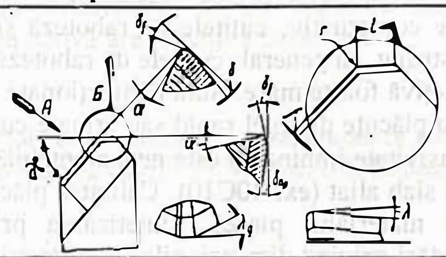


Fig. 3.18

Tabelul 3.15

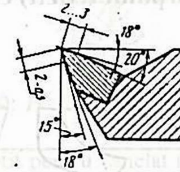
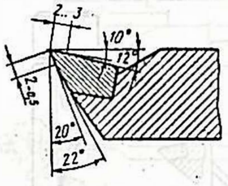
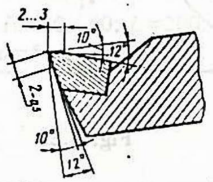
Geometria constructivă a cuţitelor armate cu amestecuri din carburi metalice folosite pentru prelucrări cu avansuri mari



Geometria aşchiei, *mm*^{2}	Materialul de prelucrat	Geometria constructivă						
		$\varkappa°$	$\alpha°$	$\gamma°$	$\lambda°$	$\gamma_f°$	l/s	f
< 7	Oţel $\sigma < 70$ daN/mm^2	45	10	7	-7	-5	1,2...1,8	0,5
	Oţel $\sigma > 70$ daN/mm^2	45	8	4	-4	-5	1,2...1,8	0,5
	Fontă HB <220	45	8	5	-5	-	1,2...1,8	-
> 7	Oţel $\sigma < 70$ daN/mm^2	45	8	5	0	-5	1,2	0,5
	Oţel $\sigma > 70$ daN/mm^2	45	8	5	+5	-5	1,2	0,5
	Fontă HB <220	45	8	7	0	-	1,2	-
–	Oţel	45	8	5	0	-5	1,2...1,8	0,5
	Fontă	45	8	3	0	-	1,2...1,8	

Tabelul 3.16

Construcţia părţii active a cuţitelor de strung pentru prelucrarea maselor plastice

	Schiţa	Recomandări funcţionale
1.		Textolit, materiale plastice fibroase, materiale plastice cu lemn.
2.		Textolit, pertinax, mase plastice pe bază de fenoli.
3.		Sticlă organică cu inserţii textile.

3.2. CUŢITE DE RABOTEZĂ ŞI DE MORTEZĂ

Din punct de vedere constructiv, cuţitele de rabotezǎ şi cuţitele de mortezǎ sunt asemǎnǎtoare cu cele de strung. În general, cuţitele de rabotezǎ sunt în construcţie cotitǎ. Existǎ o varietate constructivǎ foarte mare. Sunt confecţionate în întregime din oţel rapid (Rp3 sau Rp4), armate cu plǎcuţe din oţel rapid sau armate cu plǎcuţe din amestecuri de carburi metalice (în exclusivitate îmbinarea este nedemontabilǎ). În aceste ultime cazuri, corpul se executǎ din oţel slab aliat (ex. 40C10). Calitatea plǎcuţei din carburi sinterizate se alege în funcţie de materialul piesei. Sintetizarea principalelor tipuri, forme constructive, cu recomandǎri privind dimensiunile şi geometria lor, rezultǎ din tabellele 3.17 - 3.21.

Din tabelul 3.17 rezultǎ formele şi dimensiunile cuţitelor de rabotat executate din oţel rapid sau armate cu plǎcuţe din oţel rapid.

Pentru aceleaşi cuţite de rabotezǎ, dar cu partea activǎ din plǎcuţe lipite din amestecuri de carburi metalice, în tabelul 3.18 sunt prezentate formele constructive şi recomandǎri privind dimensiunile.

Cuţitele de mortezǎ rezultǎ ca formǎ şi dimensiuni din tabelul 3.19.

Geometria şi forma pǎrţii active pentru cuţitele de rabotezǎ rezultǎ din tabelul 3.20.

Construcţiile sunt asemǎnǎtoare cu cele pentru cuţitele de strung: fǎrǎ sau cu faţetǎ, cu faţa de degajare planǎ sau concavǎ.

Geometria constructivǎ a cuţitului de rabotat rezultǎ din figura 3.19. Se mai remarcǎ din figurǎ cǎ prin construcţia cotitǎ a corpului cuţitului suprafaţa de reazem trece prin vârful cuţitului.

Conform notaţiilor din figura 3.19, în tabelul 3.21, în funcţie de materialul piesei şi de calitatea prelucrǎrii, sunt fǎcute recomandǎri privind geometria constructivǎ a cuţitelor de rabotezǎ.

Orientativ, în funcţie de suprafaţa secţiunii transversale a aşchiei (*s* x *t*), în tabelul 3.22 sunt fǎcute recomandǎri privind secţiunea transversalǎ a corpului (cozii) cuţitului de rabotezǎ.

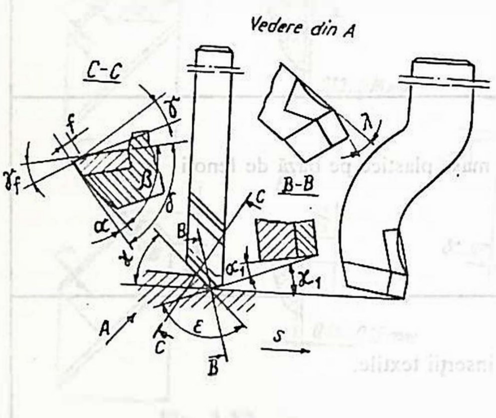


Fig. 3.19

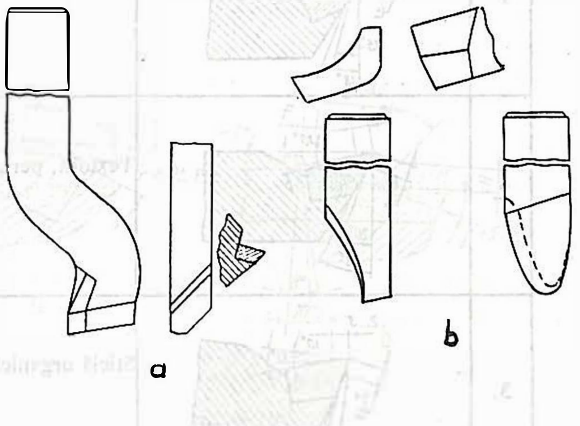
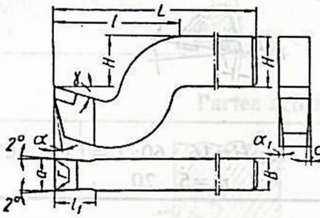
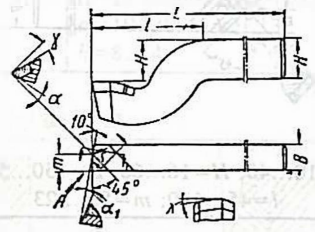
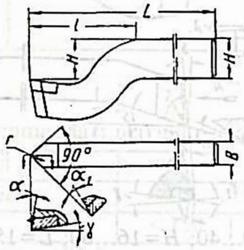
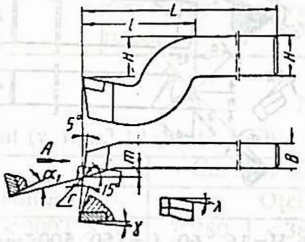
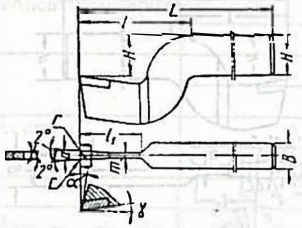


Fig. 3.20

În figura 3.20 sunt arătate două construcţii de cuţite de raboteză folosite pentru lucrări de mare productivitate. În figura 3.20,*a* cuţitul este construit cu muchii rectilinii şi are o muchie secundară (netezitoare) cu un unghi de atac nul (cuţit tip Kolesov), iar în figura 3.20,*b* partea activă are muchiile curbilinii.

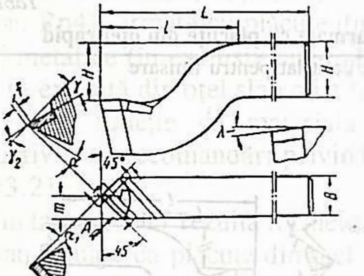
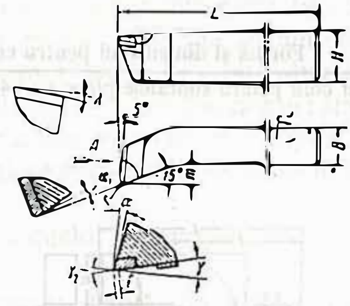
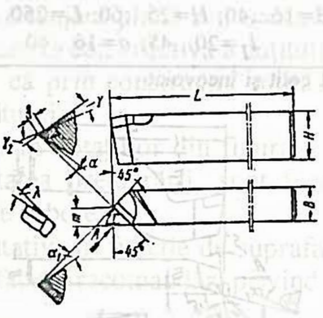
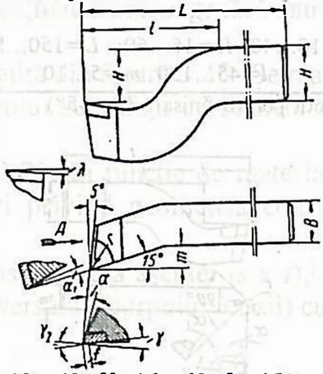
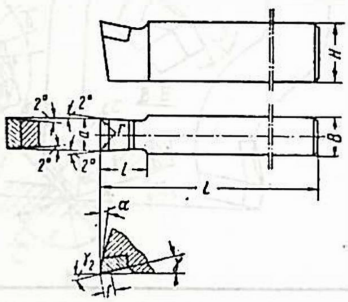
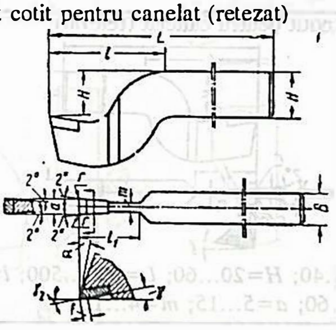
Tabelul 3.17

Formă şi dimensiuni pentru cuţitele de rabotat armate cu plăcuţe din oţel rapid

1. Cuţit cotit pentru suprafeţe plane ($\varkappa=45°$)  $B=10...40$; $H=16...60$; $L=150...500$; $l=45...150$ $m=5...10$	4. Cuţit cotit lat pentru finisare  $B=16...40$; $H=25...60$; $L=250...500$; $l_1=20...45$; $a=16...40$
2. Cuţit cotit pentru finisare ($\varkappa=45°$)  $B=12...40$; $H=20...60$; $L=200...500$; $l=55...150$	5. Cuţit cotit şi încovoiat  $B=10...40$; $H=16...60$; $L=150...500$; $l=45...150$; $m=3...10$;
3. Cuţit cotit pentru canelat (retezat)  $B=12...40$; $H=20...60$; $L=200...500$; $l=55...160$; $l_1=25...60$; $a=5...15$; $m=4...12$	

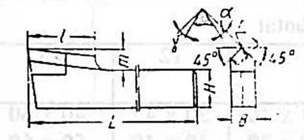
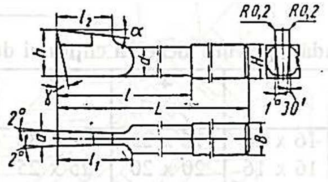
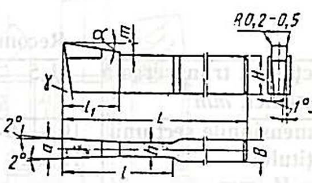
Tabelul 3.18

Forme şi dimensiuni pentru cuţitele de rabotat armate cu plăcuţe din carburi metalice.

1. Cuţit cotit pentru suprafeţe plane ($\varkappa=45°$)  $B=10...40$; $H=16...60$; $L=150...500$; $l=45...150$; $m=5.5...23$	4. Cuţit încovoiat  $B=10...40$; $H=16...60$; $L=150...500$; $m=5...20$
2. Cuţit drept ($\varkappa=45°$)  $B=10...40$; $H=16...60$; $L=150..500$; $m=5.5...23$	5. Cuţit cotit şi încovoiat  $B=10...40$; $H=16...60$; $L=150...500$; $l=45...150$; $m=5...50$
3. Cuţit lat de finisat  $B=16...40$; $H=25...60$; $L=250...500$; $l=20...45$; $a=14...35$	6. Cuţit cotit pentru canelat (retezat)  $B=12...40$; $H=20...60$; $L=200...500$; $a=5...25$; $m=4...22$

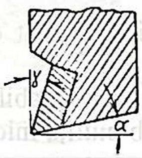
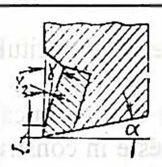
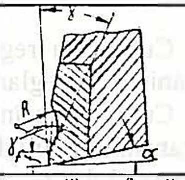
Tabelul 3.19

Forme şi dimensiuni pentru cuţitele de mortezat armate cu plăcuţe din oţel rapid

1. Cuţit de planat ($\varkappa$ = 45°)	2. Cuţit pentru canale de pană	3. Cuţit pentru retezat
		
B=12..40; H=20..50; L=250..600; l=25..70; m=11..30	B=16..40; H=16..40; L=300..600; l=80..250 l_1=40..90; a=8..20; d=14..38; l_2=30..65; h=20..60.	B=12..40; H=20..60; L=250..600; l_1=30..55; a=10..28; m=5..13; h=8..24

Tabelul 3.20

Partea activă a cuţitelor de raboteză şi morteză

Schiţa			
Recomandări şi dimensiuni	Plană fără faţetă	Plană cu faţetă f=(0,8..1)s (s-avansul, mm/cd)	Curba (concavă) cu faţetă: R=(30..40)s- pentru cuţite de degroşat şi finisat; R=(50..60)s- pentru cuţite de retezat.

Tabelul 3.21

Recomandări privind geometria cuţitelor de rabotat (v. fig. 3.19 şi tab. 3.20)

Materialul părţii active	Oţel rapid						Carburi metalice		
Materialul piesei	Oţel			Fontă			Oţel		
σ sau HB	<150	<220	>220	<150	<200	>200	<280	<360	>360
Faţă de degajare plană fără faţetă	Unghiul de degajare γ°								
	15	12	10	12	8	5	-5	-10	-15
	20	20	20	-	-	20	20	20	20
Plană sau concavă cu faţetă	Unghiul de degajare al faţetei γ_f°								
	5			-	-	5	-5	-10	-15
	Unghiul de aşezare α°								
	6						8 ... 10		
Cuţit de trecere	Unghiul de atac $\varkappa$°								
	30 ... 60						45 ... 75		
de retezare	45 ... 90						60 ... 90		
de degroşat	Unghiul de atac secundar $\varkappa_1$°								
	10 ... 30								
	Unghiul de înclinare								
	5 ... 10							10... 15	
de finisat	0 ... 3								

Tabelul 3.22

Recomandări privind alegerea cuțitului de rabotat

Secțiunea transversală a așchiei, mm^2	**1,5**	**2,5**	**4**	**6**	**9**	**12**	**>12**
Dimensiunile secțiunii cuțitului *B x H*, mm	10 x 16 12 x 12	16 x 20 16 x 16	16 x 25 20 x 20	20 x 30 25 x 25	24 x 40 30 x 30	30 x 45 40 x 40	40 x 60 50 x 50

3.3. CUȚITE CU REGLAJ MICROMETRIC

Cuțitul cu reglaj micrometric constituie un dispozitiv format dintr-un cuțit și un mecanism de reglare la cotă.

Cuțitul este în construcție dintr-o bucată sau armat demontabil sau nedemontabil. Mecanismul de reglare la cotă este în construcție cu șurub piuliță micrometric în diverse variante și foarte rar în construcție camă-tachet.

Performanțele de reglare sunt cuprinse în limitele 0,001...0,003 mm. Reglarea la cotă poate fi făcută direct pe mașină sau prin prelegrare prealabilă folosind dispozitive speciale de prereglat. Cuțitele cu reglaj micrometric sunt folosite pentru operații de finisare a alezajelor.

În continuare vor fi descrise câteva variante constructive scoțând în evidență performanțele, avantajele și dezavantajele lor.

a) Varianta Microbore (firmele De Vlieg-SUA și IMF București) este reprezentat în figura 3.21.

Cuțitul *2*, numit cartuș sau patron, având corpul construit sub forma unui șurub micrometric, se introduce în suportul port-cuțit *1* într-un alezaj cu două canale de pană.

Cuțitul este fixat în suport cu ajutorul șurubului central *4* și al șaibei *6*. Reglarea la cotă se face cu ajutorul piuliței micrometrice *3*. Măsurarea deplasării se face pe scara gradată pe partea frontală a piuluței *3* (50 sau 100 de diviziuni) și a vernierului gradat pe suportul port-cuțit.

Preluarea rotirii șurubului micrometric este realizată prin cele două aripioare laterale ale cuțitului ce intră în canalele de pană din alezajul din port-cuțit. Șaiba elastică *5* are rolul de a prelua jocurile din șurubul micrometric. Ea se sprijină pe o piuliță hexagonală îngustă *7*. Această variantă permite o deplasare axială a cuțitului egală cu 0,001 mm.

Cuțitul propriu zis se realizează într-o mare varietate constructivă, de forme, dimensiuni și geometrie, armat cu plăcuțe din carburi metalice sau mineralo-ceramice, lipite sau îmbinate demontabil.

În figura 3.21,*b* și figura 3.22 sunt reprezentate câteva construcții.

În figura 3.22 sunt reprezentate trei variante: cu placuţă lipită, cu plăcuţă fixată cu şurub central şi fixată cu bridă. Din figură rezultă şi unghiurile de atac constructive.

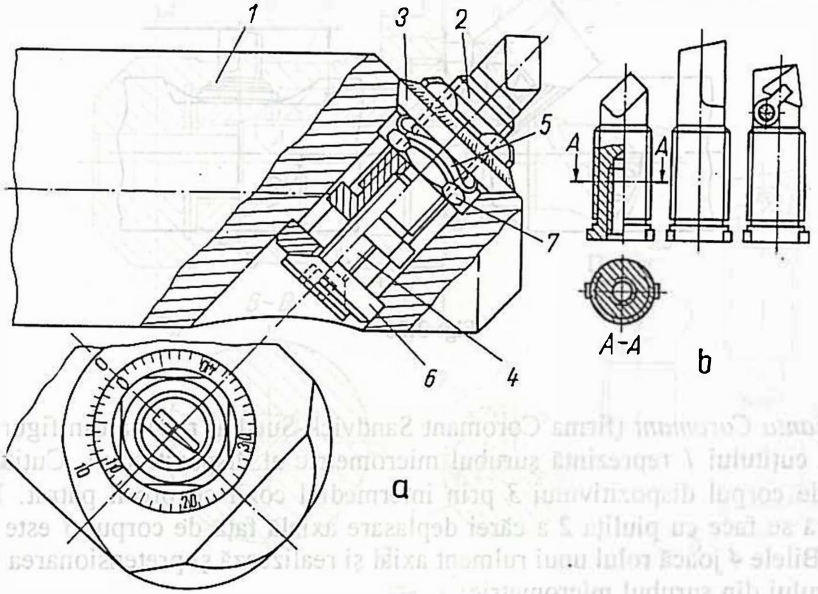


Fig. 3.21

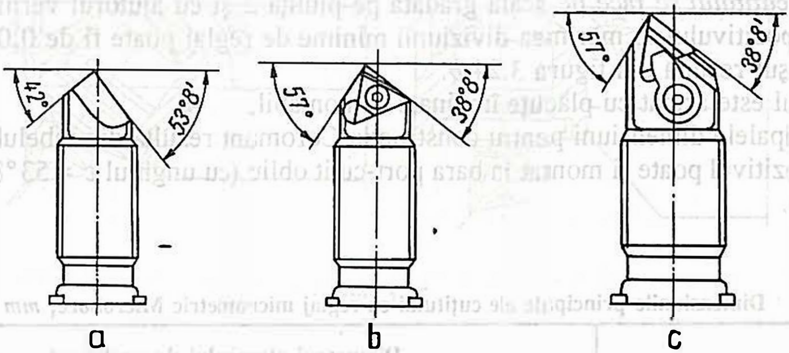


Fig. 3.22

În figura 3.23 sunt arătate cele două variante de montare a cuţitului în dispozitivul port-cuţit: cu axa înclinată (fig. 3.23,*a*) şi cu axa perpendiculară (fig. 3.23,*b*).

Unghiul de înclinare a axei cuţitului este $\varepsilon = 53°8'$. S-a ales această valoare deoarece pentru o deplasare axială Δa a cuţitului micrometric, reglajul pe direcţia radială Δr a cuţitului va fi $\Delta r = \Delta a \sin \varepsilon$, iar $\sin \varepsilon = \sin 53°8' = 0.8$, astfel că $\Delta r = 0.8\ \Delta a$.

În cazul $\varepsilon = 90°$ (fig. 3.29,*b*) $\Delta r = \Delta a$.

Principalele dimensiuni pentru această variantă rezultă din tabelul 3.23.

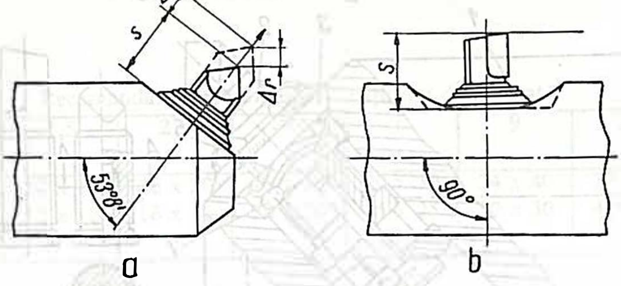


Fig. 3.23

b) Varianta Coromant (firma Coromant Sandvick-Suedia) rezultă din figura 3.24.

Corpul cuţitului *1* reprezintă şurubul micrometric al dispozitivului. Cuţitul *1* este solidarizat de corpul dispozitivului *3* prin intermediul cozii cu profil pătrat. Reglarea micrometrică se face cu piuliţa *2* a cărei deplasare axială faţă de corpul *3* este preluată de bilele *4*. Bilele *4* joacă rolul unui rulment axial şi realizează şi pretensionarea necesară preluării jocului din şurubul micrometric.

Construcţia elastică a corpului *3* şi a piuliţei *2* (prin existenţa celor două canale în ambele piese) are rolul principal de preluare a jocului din îmbinarea şurub-piuliţă. Citirea deplasării cuţitului se face pe scala gradată pe piuliţa *2* şi cu ajutorul vernierului de pe corpul dispozitivului *3*; mărimea diviziunii minime de reglaj poate fi de 0,001 mm.

Cartuşul rezultă din figura 3.24,*b*.

Cuţitul este armat cu plăcuţe îmbinate demontabil.

Principalele dimensiuni pentru construcţia Coromant rezultă din tabelul 3.24.

Dispozitivul poate fi montat în bara port-cuţit oblic (cu unghiul $\varepsilon = 53°8'$) sau drept (fig. 3.25).

Tabelul 3.23

Dimensiunile principale ale cuţitului cu reglaj micrometric Microbore, *mm*

		Diametrul alezajului de prelucrat								
		20-26	23-28	26-32	29-42	40-52	46-66	56-72	61-86	76-102
Dimensiunile barei		18	20	22	25	35	40	48	50	60
Dimensiunile cartuşului	lungime	18	22	22	25	35	40	48	50	60
	diametru	6	6	8	8	12	12	20	20	24
	filet ext.	M6	M6	M8	M8	M12	M12	M20	M20	M24
	filet int.	M3	M3	M4	M4	M6	M6	M10	M10	M12

c) Varianta Valenite (firma Valenite-Franţa) este reprezentată în figura 3.26. Ca şi în celelalte cazuri prezentate, corpul cuţitului *1* constituie şurubul micrometric al dispozitivului.

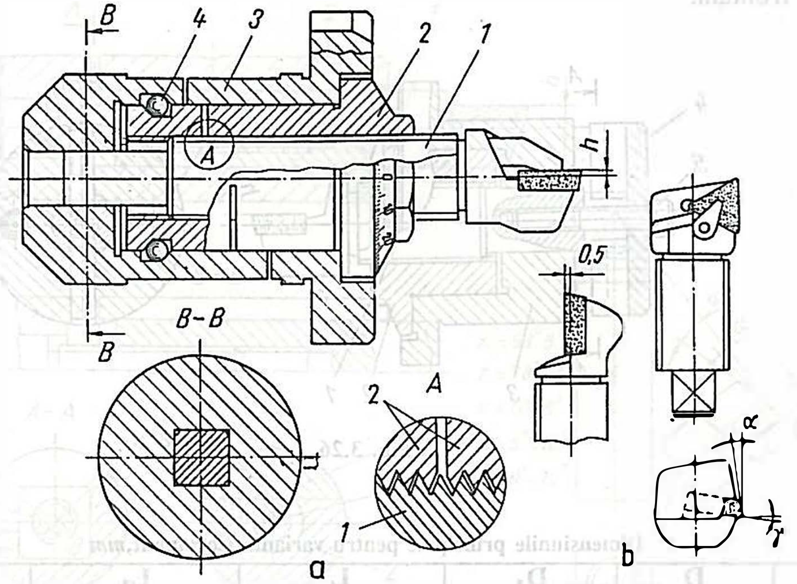


Fig. 3.24

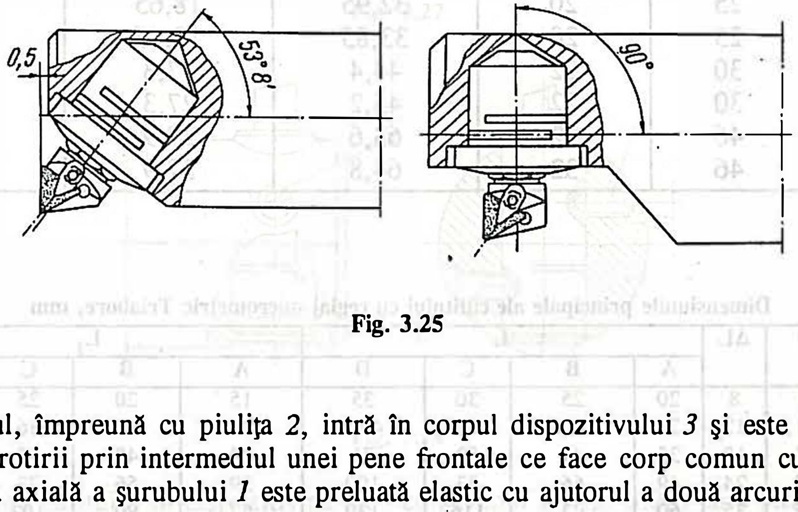


Fig. 3.25

Cuţitul, împreună cu piuliţa *2*, intră în corpul dispozitivului *3* şi este solidarizat împotriva rotirii prin intermediul unei pene frontale ce face corp comun cu flanşa *4*. Deplasarea axială a şurubului *1* este preluată elastic cu ajutorul a două arcuri elicoidale *6*, sprijinite pe flanşa *4*, care se găsesc în cele două orificii din corpul *3*; strângerea lor se face cu şurubul *5*. Şurubul micrometric are pasul 0,5 mm, iar discul gradat pe corpul piuliţei are 50 de diviziuni. Folosind vernierul de pe corpul dispozitivului se poate face un reglaj cu mărimea diviziunii de 0,003 mm. Dispozitivul poate fi montat în bara port-cuţit înclinat (cu unghiul $\varepsilon = 53°8'$) sau perpendicular pe axa ei. Cota *h* de supraînălţare a vârfului cuţitului faţă de axa dispozitivului se găseşte în limitele 0,8...4,75 mm.

Dispozitivul se construieşte în mai multe variante dimensionale cu diametrul exterior între 25,4 şi 111 mm. Domeniul de reglare este în limitele 10...40 mm. La realizarea

acestui dispozitiv micrometric, o problemă tehnologică o constituie realizarea îmbinării cu pana frontală.

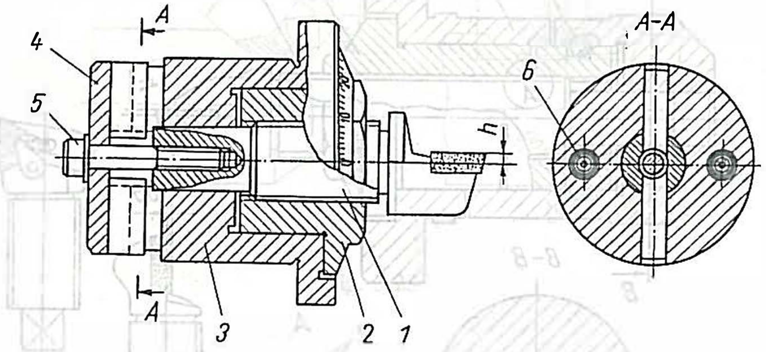


Fig. 3.26

Tabelul 3.24

Dimensiunile principale pentru varianta Coromant,*mm*

	D	D_1	L	L_1	L_2
1	19	16	24,5	14	2,8
2	19	16	25,5	14	2,8
3	25	20	32,95	18,65	4
4	25	20	33,85	18,65	4
5	30	22	44,4	27,3	5
6	30	22	45,2	27,3	5
7	46	32	63,6	37,9	6,3
8	46	32	64,8	37,9	6,3

Tabelul 3.25

Dimensiunile principale ale cutitului cu reglaj micrometric Triabore, mm

	D	ΔL	L				L_1			
			A	B	C	D	A	B	C	D
1	8	8	20	25	30	35	15	20	25	30
2	11	12	27	34,5	42	49,5	21	28,5	36	43,5
3	14	18	35	47	59	71	28	40	52	64
4	19	24	49	66	83	100	39	56	73	90
5	25	35	60	93	116	139	57	80	103	126
6	32	50	94	126	158	190	76	108	140	172

d) Varianta Triabore (firma Audemars-Elveţia) este reprezentată în figura 3.27.

Constructiv este o variantă simplă: cuţitul *1*, cu corpul prismatic, este introdus în alezajul cu profil pătrat din corpul dispozitivului *2*. Şurubul micrometric *3* se înfiletează în alezajul filetat din corpul cuţitului *1*. Deplasarea axială a şurubului micrometric este preluată de şaiba semicirculară *4* introdusă în canalul transversal din corpul *2*. Corpul cuţitului este în construcţie semielastică prin executarea a două canale perpendiculare.

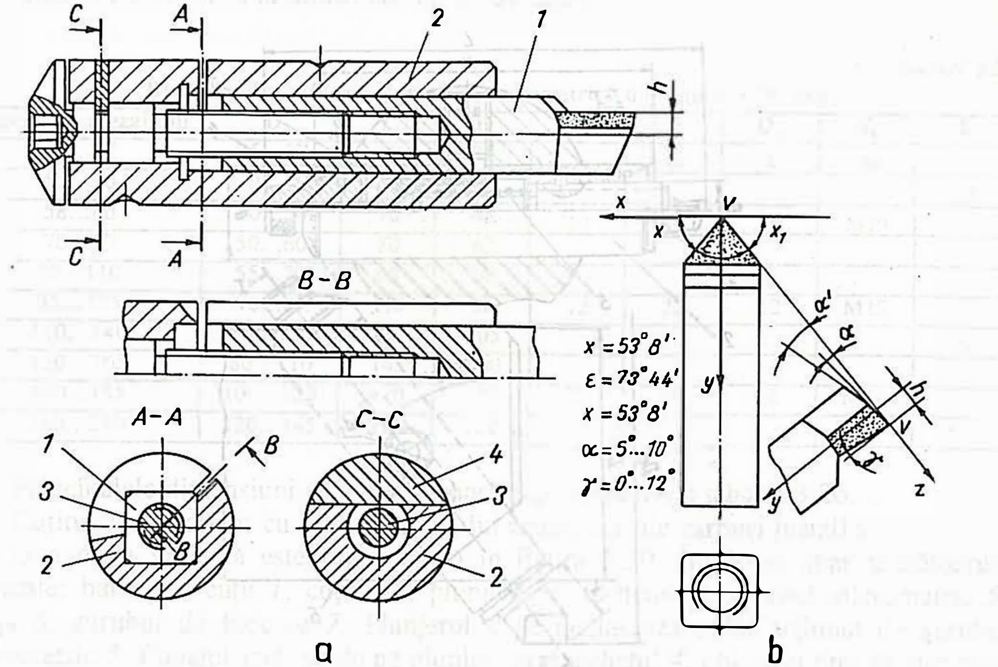


Fig. 3.27

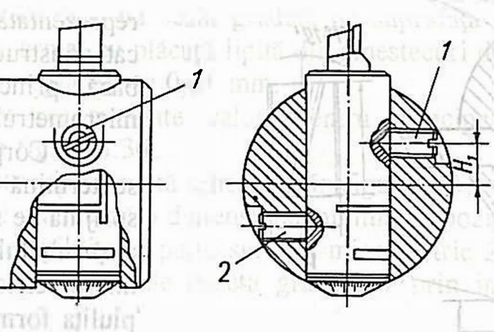


Fig. 3.28

Blocarea cuţitului în dispozitiv se face cu şurubul *1* (fig. 3.28) care strânge partea elastică a corpului *2*. Şurubul *2* serveşte la fixarea întregului cartuş în bara port-cuţit. În funcţie de pasul şurubului micrometric, mărimea diviziunii de reglare este în limitele 0,005...0,02 mm. Şi la această construcţie, cartuşul poate fi montat în bara port-cuţit înclinat ($\varepsilon = 53°8'$) sau perpendicular faţă de axa acesteia. Cuţitul *1* este din oţel rapid sau armat cu plăcuţe lipite din amestecuri de carburi metalice. Principalele dimensiuni ale construcţiei Triabore rezultă din tabelul 3.25.

e) Literatura tehnică sovietică descrie două variante de dispozitive cu cuţite cu reglaj micrometric.

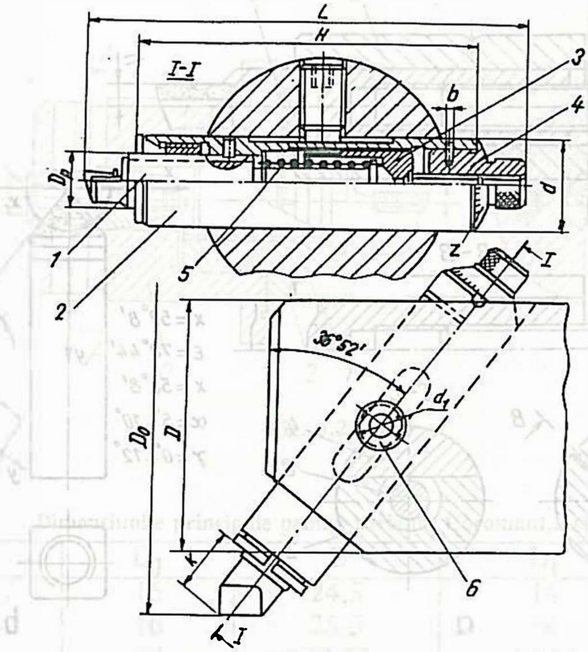


Fig. 3.29

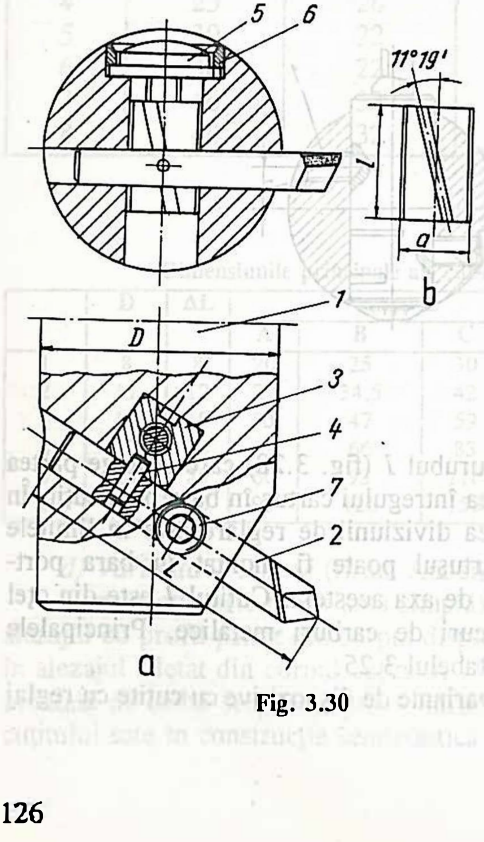


Fig. 3.30

O primă variantă este reprezentată în figura 3.29. De remarcat construcţia cartuşului care are la bază principiul de funcţionare al micrometrului de interior.

Corpul cilindric al cuţitului *1* se termină cu un cep conic care se sprijină pe suprafaţa conică interioară a şurubului micrometric *3*. Şurubul micrometric *3* se înşurubează în piuliţa formată din corpul cilindric *2* al cartuşului. Reglajul micrometric se face cu ajutorul rozetei *4* pe care este imprimată scala gradată. Resortul 5 serveşte la preluarea jocurilor şi la menţinerea contactului pe suprafaţa conică. Strângerea cartuşului în bara port-cuţit se realizează cu şurubul *6*.

Dispozitivul este montat înclinat în bara port-cuţit cu unghiul ε=36°52' (*sin* 36°52'= = 0,6).

Şurubul micrometric are pasul de 0,5 mm sau de 1 mm. În primul caz pe tamburul *4* sunt 20 diviziuni şi în al doilea caz cu 25 diviziuni.

Tabelul 3.26

Dimensiunile cuţitelor cu reglare micrometrică din figura 3.29, *mm*

Diametrul alezajului	D	L	H	K	d	D_p	d_1	b
43...57	25...37	50	35	8	14	8	M8	
55...70	40...50	65	50					1,5
58...80	40...50	70	48	10	16	10	M10	
70...90	50...60	80	62					
80...110	55...70	95	66					
95...125	70...85	115	86	12	22	12	M12	
110...140	80...100	135	105					2
120...165	80...110	145	100					
140...185	100...125	170	125	22	30	18	M16	
160...210	120...145	195	150					

Principalele dimensiuni ale acestei construcţii rezultă din tabelul 3.26.

Cuţitul *1* este armat cu plăcuţe lipite din amestecuri de carburi metalice.

O a doua variantă este reprezentată în figura 3.30. În desen apar următoarele elemente: bara port-cuţit *1*, cuţitul *2*, plunjerul *3*, tachetul *4*, şurubul micrometric *5*, bucşa *6*, şurubul de blocare *7*. Plunjerul *4* se deplasează axial acţionat de şurubul micrometric *5*. Canalul înclinat de pe plunjer, prin tachetul *4*, obligă cuţitul să avanseze radial. Unghiul de înclinare a canalului este $\varepsilon = 11°19'$, astfel că la o deplasare axială a a plunjerului, cuţitul să se deplaseze radial cu cota $\Delta r = \Delta a \ tg \ \varepsilon = \Delta a \ tg \ 11°19' = 0.2 \ \Delta a$. Citirea deplasării se face pe scala gradată pe suprafaţa frontală a şurubului micrometric *5*. Cuţitul este armat cu plăcuţă lipită din amestecuri de carburi metalice.

Mărimea diviziunii de reglare este 0,01 mm.

În tabelul 3.27 sunt recomandate valori pentru principalele dimensiuni ale construcţiei reprezentată în figura 3.30.

f) Varianta Pegard este reprezentată schematic în figura 3.31.

Este o construcţie simplă şi realizează o dimensiune minimă de poziţionare de 0,01 mm. Reglarea se face prin rotirea piuliţei *3* peste şurubul micrometric *2* solidar cu suportul cuţitului *1*. Piuliţa *3* este antrenată de rozeta gradată *4* prin intermediul unui cep prismatic.

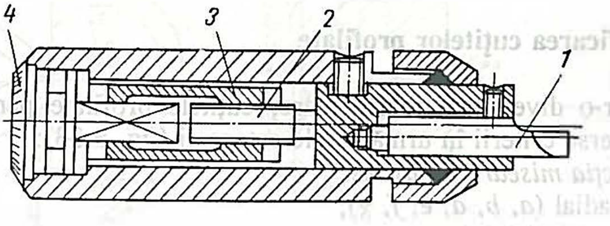


Fig. 3.31

Tabelul 3.27

Dimensiunile cuţitelor cu reglare micrometrică din figura 3.30, *mm*

Alezaj	D	B x H	L	l	d	a
30...40	25					
32...42	27	6 x 6	28	10	M6	6
38...50	30					
44...55	35	8 x 8	38	14	M6	8
48...60	40					
55...65	45	10 x 10	54	24	M8	10
60...76	50					
65...80	55	12 x 12	60	30	M10	12
72...95	60					
80...98	65					
83...102	70	16 x 16	70	35	M12	14
86...108	75					
95...120	80					
100...125	85					
102...103	90					
108...125	95	20 x 20	90	50	M16	16
115...140	100					

g) Varianta Werco este reprezentată schematic în figura 3.32. Cuţitul *1* este poziţionat cu ajutorul şurublui micrometric *2* şi a piuliţei din corpul *3* al dispozitivului. Excentricul *4* are rolul de a fixa cuţitul *1* prin intermediul plunjerului *5*. Ştifturile *6* au rolul de limitator de poziţie.

3.4. CUŢITE PROFILATE

Cuţitele profilate sunt scule aşchietoare la care muchia materializează generatoarea suprafeţei de prelucrat. Sunt folosite la prelucrările prin strunjire, foarte rar la rabotare.

Pentru proiectarea lor trebuie rezolvate următoarele probleme: determinarea suprafeţei profilate a cuţitului şi a muchiei; stabilirea profilului tehnologic necesar execuţiei; alegerea şi determinarea elementelor constructive şi geometrice specifice unei scule aşchietoare astfel încât aşchierea să decurgă dacă nu în condiţii optime, cel puţin admisibile. Specific acestor scule, ca în cazul tuturor sculelor aşchietoare profilate este stabilirea suprafeţei profilate şi a celor trei linii de profil (funcţional, tehnologic şi de măsurare).

3.4.1. Clasificarea cuţitelor profilate

Existând într-o diversitate foarte mare, cuţitele profilate pentru strunjit se pot clasifica după diverse criterii în următoarele categorii (fig. 3.33):

a) după direcţia miscării de avans:

- cu avans radial (*a, b, d, e, f, g*);
- cu avans tangenţial (*c*);
- cu avans axial sau frontal (*h*);

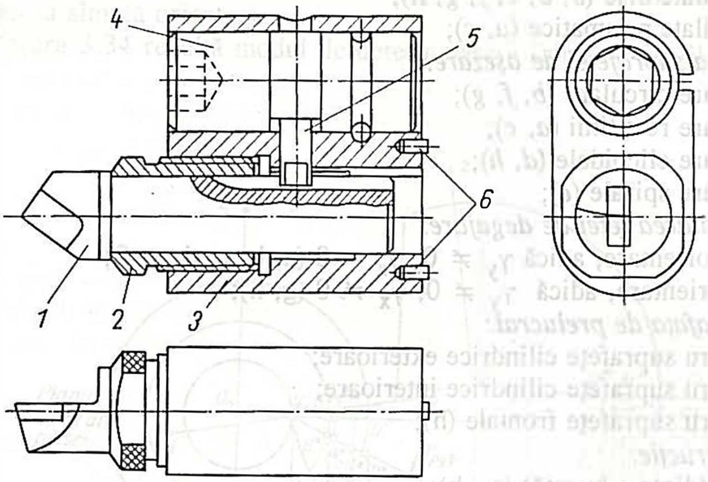


Fig. 3.32

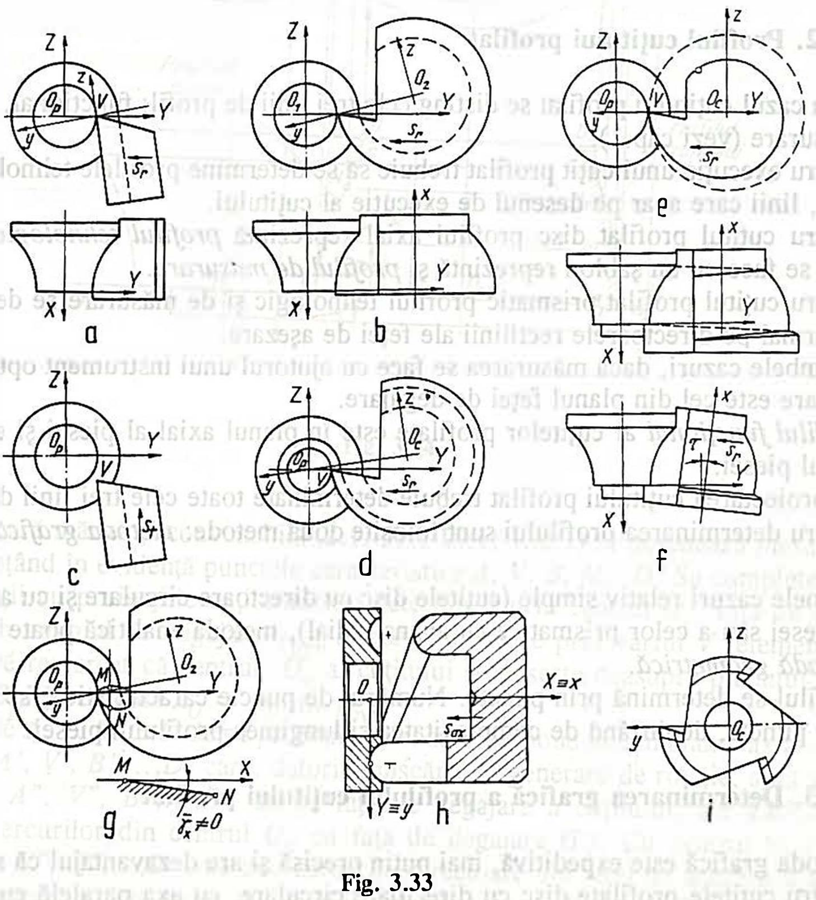


Fig. 3.33

b) după forma corpului:
- cuţite profilate disc (*b, d, e, f, g, h*);
- cuţite profilate prismatice (*a, c*);

c) după forma suprafeţei de aşezare:
- cu directoare circulare (*b, f, g*);
- cu directoare rectilinii (*a, c*);
- cu directoare elicoidale (*d, h*);
- cu directoare spirale (*e*);

d) după orientarea feţei de degajare:
- cu simplă orientare, adică $\gamma_y \neq 0$; $\gamma_x = 0$ (a, b, c, d, e, f);
- cu dublă orientare, adică $\gamma_y \neq 0$; $\gamma_x \neq 0$ (g, h);

e) după suprafaţa de prelucrat:
- cuţite pentru suprafeţe cilindrice exterioare;
- cuţite pentru suprafeţe cilindrice interioare;
- cuţite pentru suprafeţe frontale (h);

f) după construcţie:
- monobloc (dintr-o bucată) (a...h);
- cu partea activă lipită (i).

3.4.2. Profilul cuţitului profilat

Şi în cazul cuţitului profilat se disting cele trei linii de profil: funcţional, tehnologic şi de măsurare (vezi cap.1).

Pentru execuţia unui cuţit profilat trebuie să se determine profilele tehnologice şi de măsurare, linii care apar pe desenul de execuţie al cuţitului.

Pentru cuţitul profilat disc profilul axial reprezintă *profilul tehnologic*, iar dacă controlul se face cu un şablon reprezintă şi *profilul de masurare*.

Pentru cuţitul profilat prismatic profilul tehnologic şi de măsurare se determină în planul normal pe directoarele rectilinii ale feţei de aşezare.

În ambele cazuri, dacă măsurarea se face cu ajutorul unui instrument optic, profilul de măsurare este cel din planul feţei de degajare.

Profilul funcţional al cuţitelor profilate este în planul axial al piesei şi este identic cu profilul piesei.

La proiectarea cuţitului profilat trebuie determinate toate cele trei linii de profil.

Pentru determinarea profilului sunt folosite două metode: *metoda grafică* şi *metoda analitică.*

În unele cazuri relativ simple (cuţitele disc cu directoare circulare şi cu axa paralelă cu axa piesei sau a celor prismatice cu avans radial), metoda analitică poate fi înlocuită cu o *metodă geometrică.*

Profilul se determină prin puncte. Numărul de puncte caracteristice, se alege între 6...30 de puncte, depinzând de complexitatea şi lungimea profilului piesei.

3.4.3. Determinarea grafică a profilului cuţitului profilat

Metoda grafică este expeditivă, mai puţin precisă şi are dezavantajul că se foloseşte doar pentru cuţitele profilate disc cu directoare circulare, cu axa paralelă cu axa piesei

şi cu faţa de degajare cu simplă orientare ($\gamma_X = 0$) şi pentru cuţitele prismatice cu faţa de degajare cu simplă orientare.

Din figura 3.34 rezultă modul de determinare a liniei de profil pentru cuţitul disc circular.

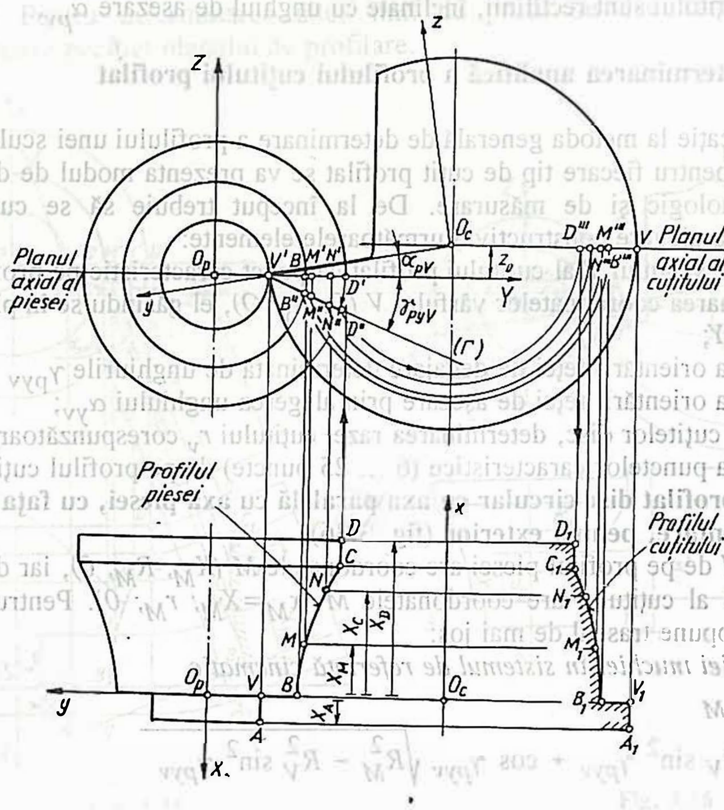


Fig. 3.34

La o scară mărită şi convenabilă (2:1; 5:1; 10:1; 100:1) se desenează piesa în două proiecţii scoţând în evidenţă punctele caracteristice *A, V, B, M...D*. Se completează cele două proiecţii cu proiecţiile cuţitului disc determinat prin centrul O_c, faţa de degajare orientată sub unghiul de degajare γ_{pyv} şi cercul ce trece prin vârful *V* (elemente alese aprioric). De remarcat că centrul O_c al cuţitului se găseşte deasupra planului de bază cinematic (O_pXY) cu cota $Z_0 = r_v \sin \gamma_{pyv}$.

Punctele *A, V, B,...,D* de pe profilul piesei au corespondenţă în planul axial al piesei în punctele *A', V', B',...,D'* care, datorită mişcării de generare de rotaţie, sunt generate de punctele *A", V", B",...,D"* de pe faţa de degajare a cuţitului, ele găsindu-se la intersecţia cercurilor din centrul O_p cu faţa de degajare (Γ). Cu centrul în O_c, prin punctele *A", V", B",...,D"*, se duc cercurile directoare ale feţei de aşezare a cuţitului până intersectează planul axial al cuţitului rezultând punctele de profil al cuţitului *A"'*,

V''', B''',...,D'''. Proiectând aceste puncte în vederea de jos, la intersecţia cu liniile de cotă X ale piesei X_V...X_D se obţin punctele $A1$, $V1$, $B1$,...,$D1$ care reprezintă profilul axial al cuţitului (este profilul tehnologic sau cel de măsurare cu ajutorul şablonului).

În figura 3.35 este reprezentat modul de determinare a profilului cuţitului profilat prismatic. Metoda este similară cu cea pentru cuţitul disc circular cu deosebirea că directoarele cuţitului sunt rectilinii, înclinate cu unghiul de asezare α_{pv}.

3.4.4. Determinarea analitică a profilului cuţitului profilat

Ca o aplicaţie la metoda generală de determinare a profilului unei scule aşchietoare (vezi 1.2.1.), pentru fiecare tip de cuţit profilat se va prezenta modul de determinare a profilului tehnologic şi de măsurare. De la început trebuie să se cunoască (prin determinare sau alegere constructivă) următoarele elemente:

- stabilirea vârfului V al cuţitului profilat ca punct caracteristic pe profilul piesei;
- determinarea coordonatelor vârfului V $(O; R_v; O)$, el găsindu-se în planul de bază cinematic XO_pY;
- stabilirea orientării feţei de degajare determinată de unghiurile γ_{pyv} şi α_{pxv};
- stabilirea orientării feţei de aşezare prin alegerea unghiului α_{yv};
- în cazul cuţitelor disc, determinarea razei cuţitului r_v corespunzătoare vârfului V;
- stabilirea punctelor caracteristice (6 ... 25 puncte) de pe profilul cuţitului.

a. Cuţit profilat disc circular cu axa paralelă cu axa piesei, cu faţa de degajare cu simplă orientare, pentru exterior (fig. 3.36).

Punctul M de pe profilul piesei are coordonatele $M\ (X_M;\ R_M;\ 0)$, iar de pe profilul în planul axial al cuţitului are coordonatele $M\ (x_M = X_M;\ r_M;\ 0)$. Pentru calculul de profilare se propune traseul de mai jos:

a_1) Ecuaţiei muchiei în sistemul de referinţă cinematic

$$X_m = X_M$$

$$Y_m = R_V \sin^2 \gamma_{pyv} + \cos \gamma_{pyv} \sqrt{R_M^2 - R_V^2 \sin^2 \gamma_{pyv}}$$

$$Z_m = R_V \sin \gamma_{pyv} \cos \gamma_{pyv} - \sin \gamma_{pyv} \sqrt{R_M^2 - R_V^2 \sin^2 \gamma_{pyv}}$$

a_2) Coordonatele centrului sistemului de referinţă constructiv

$$O_c\ (X_o,\ Y_o,\ Z_o)$$
$$X_o = 0;\ Y_o = R_V + r_V \cos \alpha_{yv};$$
$$Z_o = r_V \sin \alpha_{yv}.$$

a_3) Ecuaţiei muchiei în sistemul de referinţă constructiv

$$x_m = -X_M$$
$$y_m = -(Y_m - Y_o) \cos \alpha_{yv} + (Z_m - Z_o) \sin \alpha_{yv};$$
$$z_m = (Y_m - Y_o) \sin \alpha_{yv} + (Z_m - Z_o) \cos \alpha_{yv}.$$

a_4) Ecuaţia feţei de aşezare (dacă este necesară pentru determinarea altor linii de profil)

$$x_\alpha = x_m;$$
$$y_\alpha = y_m \cos \varphi;$$
$$z_\alpha = z_m \sin \varphi.$$

a_5) Profilul axial al cuţitului va fi dat de ecuaţiile (se va face $\varphi = 0$)

$$x_{pr} = x_m = -X_M;$$

$$y_{pr} = r_M = \sqrt{y_m^2 + z_m^2}$$

Observaţie: Pentru determinarea altor linii de profil se dau variabilei φ valori corespunzătoare poziţiei planului de profilare.

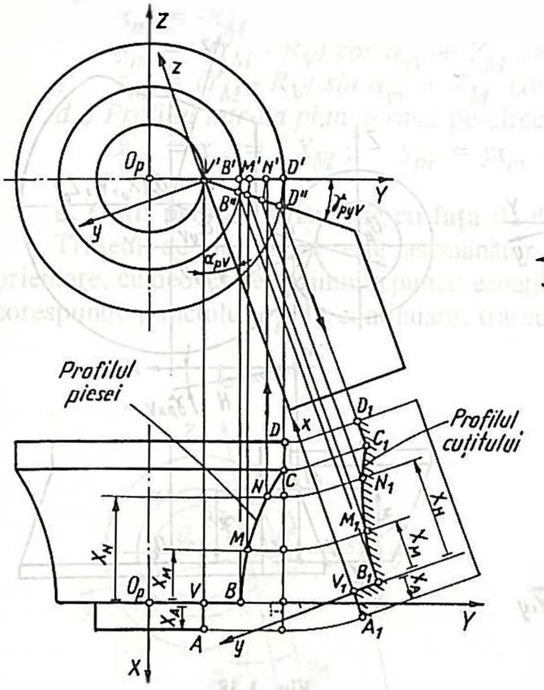


Fig. 3.35

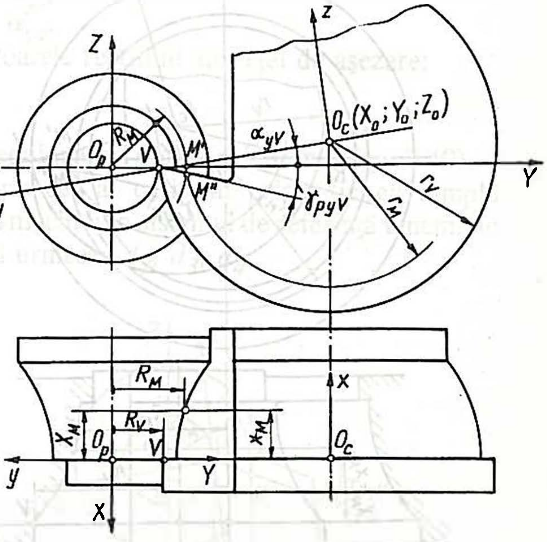


Fig. 3.36

b. Cuţit profilat disc circular cu axa paralelă cu axa piesei, cu faţa de degajare cu simplă orientare, pentru interior (fig.3.37).

Traseul de determinare a profilului este următorul:

b_1) Ecuaţia muchiei în sistemul cinematic, la fel ca a_1.

b_2) Coordonatele centrului sistemului de referinţă constructiv O_c (X_O; Y_O; Z_O)

$$X_O = 0; \quad Y_O = R_V - r_V \cos \alpha_{yv}; \quad Z_O = r_V \sin \alpha_{yv}.$$

b_3) Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă constructiv

$$x_m = X_M$$

$$y_m = (Y_M - Y_O) \cos \alpha_{yv} - (Z_M - Z_O) \sin \alpha_{yv};$$

$$z_m = (Y_M - Y_O) \sin \alpha_{yv} + (Z_M - Z_O) \cos \alpha_{yv}.$$

b_4) Ecuaţia feţei de aşezare, la fel ca *a4*.

b_5) Profilul axial al cuţitului

$$x_{pr} = x_m = X_M ;$$

$$y_{pr} = r_M = \sqrt{y_m^2 + z_m^2} \ .$$

c. Cuţit profilat disc circular cu axa paralelă cu axa piesei, cu faţa de degajare cu dublă orientare, pentru exterior (fig. 3.38).

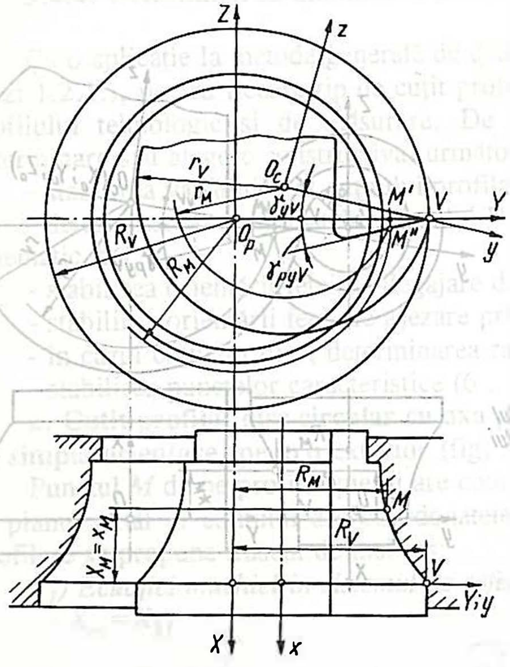


Fig. 3.37

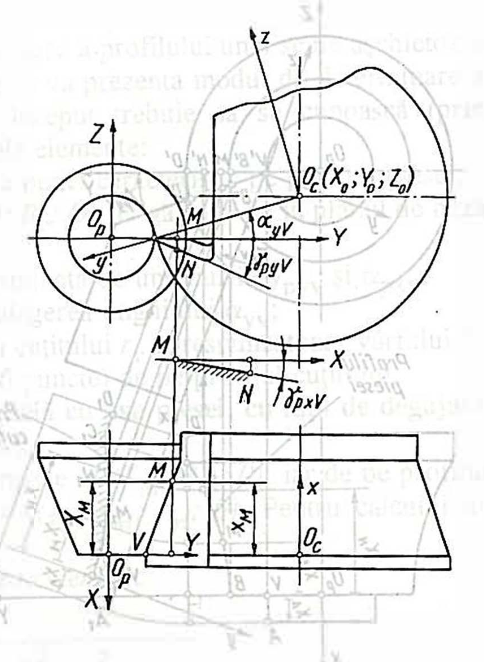


Fig. 3.38

În anumite cazuri (prelucrarea suprafeţelor conice, strunjirea filetelor de mişcare, ş.a.), faţa de degajare este înclinată sub ambele unghiuri γ_{pxv} şi α_{pyv}. Traseul este următorul:

c_1) Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă cinematic

$$X_m = X_M ;$$

$$Y_m = [1/(1+tg^2\gamma_{pyv})][\sqrt{(1+tg^2\gamma_{pyv})R_M^2-(X_M tg\gamma_{pxv}+R_V tg\gamma_{pyv})^2}-(X_M tg\gamma_{pxv}+R_V tg\gamma_{pyv})tg\gamma_{pyv}]$$

$$Z_m = -[1/(1+tg^2\gamma_{pyv})][\sqrt{(1+tg^2\gamma_{pyv})R_M^2-(X_M tg\gamma_{pxv}+R_V tg\gamma_{pyv})^2}+X_M tg\gamma_{pxv}+R_V tg\gamma_{pyv}] \ .$$

În continuare, traseul este identic cu cazul cuţitului pentru exterior, cu simplă orientare: a_2; a_3; a_4; a_5.

Pentru o *prelucrare interioară*, în cazul în care $\gamma_{pxv} \neq 0$ şi $\gamma_{pyv} \neq 0$, traseul urmează următoarea ordine: c_1; b_2; b_3; b_4; b_5.

În literatura tehnică, acest tip de cuţit este cunoscut sub denumirea (greşită), de cuţit

cu $\lambda \neq 0$.

d. Cuţit profilat prismatic cu faţa de degajare cu simplă orientare (fig. 3.39)

Traseul de proiectare este asemănător cu cazul **a**.

d_1) *Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă cinematic*, la fel ca a_1.

d_2) *Coordonatele centrului* O_c $(X_O; Y_O; Z_O)$

$$X_O = 0; \; Y_O = R_V; \; Z_O = 0.$$

d_3) *Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă constructiv*

$$x_m = -X_M$$
$$y_m = -(Y_M - R_V)\cos\alpha_{yv} + Z_M \sin\alpha_{yv};$$
$$z_m = (Y_M - R_V)\sin\alpha_{yv} + Z_M \cos\alpha_{yv}.$$

d_4) *Profilul într-un plan normal* pe directoarele rectilinii ale feţei de aşezare:

$$x_{pr} = x_m = -X_M; \quad y_{pr} = yx_m.$$

e. Cuţit profilat prismatic cu faţa de degajare cu dublă orientare (fig. 3.40).

Traseul de proiectare este asemănător cu cel al cuţitului prismatic cu simplă orientare, cu deosebirea primului punct: ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă cinematic corespunde punctului c_1. În continuare, traseul urmeaza d_2; d_3; d_4.

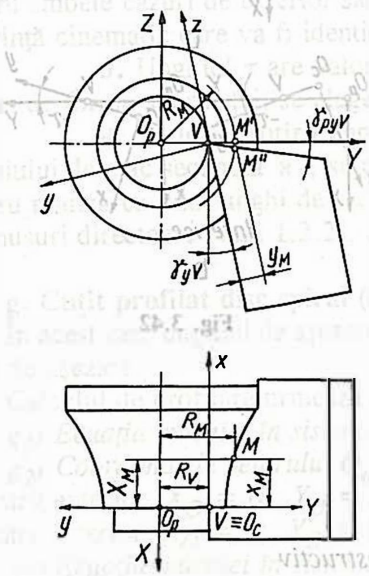


Fig. 3.39

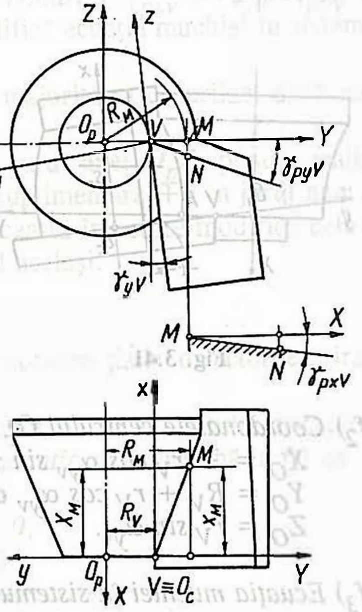


Fig. 3.40

f. Cuţit profilat disc circular cu axa neparalelă cu axa piesei, cu faţa de degajare cu simplă orientare, pentru exterior (fig. 3.41).

În cazurile în care suprafaţa profilată are porţiuni frontale relativ mari, pentru a evita

anularea unghiurilor de aşezare sau de atac în aceste zone, o soluţie constructivă completă este construirea cuţitului profilat disc cu raza înclinată faţă de axa piesei, avansul rămânând radial faţă de piesă (fig. 3.41). Rotind suplimentar axele O_cxy în jurul axei O_pZ cu un unghi $\mp\tau$, pe porţiunea frontală *VA* se realizează un unghi de atac secundar $\varkappa_1 = \tau \neq 0$. Din punct de vedere al stabilirii profilului se modifică determinarea cosinusurilor directoare necesare calculului ecuaţiei muchiei în sistemul de referinţă constructiv şi a coordonatelor centrului O_c (X_O, Y_O, Z_O), în rest, calculul este acelaşi cu al cuţitului disc cu axa paralelă cu a piesei (cazul a).

f_1) *Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă cinematic*, la fel ca a_1.

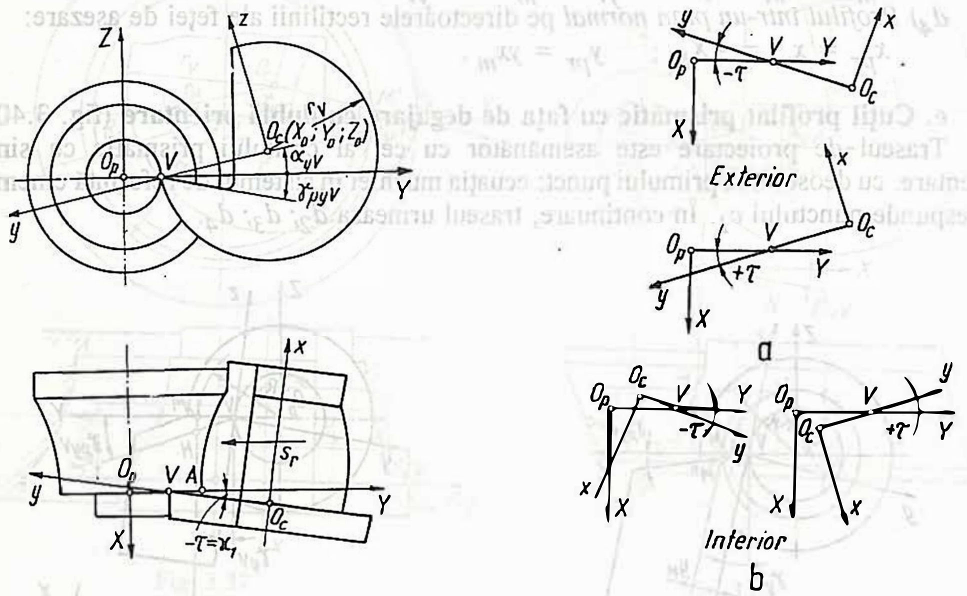


Fig. 3.41

Fig. 3.42

f_2) *Coordonatele centrului* O_c (X_O, Y_O, Z_O)

$$X_O = \mp r_V \cos\alpha_{yv} \sin\tau;$$
$$Y_O = R_V + r_V \cos\alpha_{yv} \cos\tau;$$
$$Z_O = r_V \sin\alpha_{yv}.$$

f_3) *Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă constructiv*

$$x_m = a_x(X_M - X_O) + b_x(Y_M - Y_O) + c_x(Z_M - Z_O);$$
$$y_m = a_y(X_M - X_O) + b_y(Y_M - Y_O) + c_y(Z_M - Z_O);$$
$$z_m = a_z(X_M - X_O) + b_z(Y_M - Y_O) + c_z(Z_M - Z_O),$$

în care cele nouă cosinusuri directoare vor fi:

$a_x = -\cos\tau;$ $b_x = \mp\sin\tau;$ $c_x = 0;$

$a_y = \mp\cos\alpha_{yv}\sin\tau;$ $b_y = -\cos\alpha_{yv}\cos\tau;$ $c_y = \sin\alpha_{yv};$

$a_z = \mp\sin\alpha_{yv}\sin\tau;$ $b_z = \sin\alpha_{yv}\cos\tau;$ $c_z = \cos\alpha_{yv}.$

Semnul $\mp$ este dat de semnul $\mp\tau$.

Pentru a determina semnul unghiului de rotire suplimentara τ, în figura 3.42 este reprezentată poziţia relativă a axelor O_pXY faţă de axele O_cxy pentru cuţitul exterior, respectiv interior.

$f_4)$ *Ecuaţia feţei de aşezare* (la fel ca a_4)

$$x_\alpha = x_m;$$
$$y_\alpha = y_m \cos \varphi;$$
$$z_\alpha = z_m \sin \varphi.$$

$f_5)$ *Profilul axial al cuţitului* (la fel ca a_5)

$$x_{pr} = x_m = -X_M;$$
$$y_{pr} = r_M = \sqrt{y_m^2 + z_m^2}$$

Observaţii: 1. În cazul cuţitelor *de interior* cu axa înclinatăa şi cu simplă orientare faţă de cazul exterior se modifică doar coordonatele O_c (X_O, Y_O, Z_O) astfel

$$X_O = \mp r_V \cos \alpha_{yv} \sin \tau;$$
$$Y_O = R_V - r_V \cos \alpha_{yv} \cos \tau;$$
$$Z_O = r_V \sin \alpha_{yv}.$$

restul urmează acelaşi traseu.

2. Dacă faţa de degajare are *dublă orientare* ($\gamma_{pxv} \neq 0$ şi $\gamma_{pyv} \neq 0$) pentru ambele cazuri de exterior sau interior, se modifică ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă cinematic care va fi identică cu c_1.

3. Unghiul τ are valori foarte mici; în majoritatea cazurilor, dacă nu este impus de forma suprafeţei, se alege $\tau = 2° \ldots 5°$.

4. În locul rotirii suplimentare $\mp\tau$ în jurul axei O_pZ, pentru realizarea unghiului de atac secundar $\varkappa_1$, se poate da o rotire suplimentara $\mp\theta$ în jurul axei O_pY, pentru realizarea unui unghi de aşezare secundar. Această înlocuire modifică cele nouă cosinusuri directoare (vezi 1.2.2), calculul rămânând acelaşi.

g. Cuţit profilat disc spiral (fig. 3.43).

În acest caz, unghiul de asezare α_{yV} rezultă din construcţia cu directoare spirale ale feţei de aşezare.

Calculul de profilare urmează un traseu asemănător cu cel al cuţitului disc circular.

$g_1)$ *Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă cinematic* se determină la fel ca a_1.

$g_2)$ *Coordonatele centrului* O_c (X_O, Y_O, Z_O)

- pentru exterior $X_O = 0;$ $Y_O = R_V + r_V;$ $Z_O = 0,$
- pentru interior $X_O = 0;$ $Y_O = R_V - r_V;$ $Z_O = 0.$

$g_3)$ *Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă constructiv*

- pentru exterior $x_m = -X_M;$ $y_m = Y_O - Y_m;$ $z_m = Z_M,$
- pentru interior $x_m = X_M;$ $y_m = Y_M - Y_O;$ $z_m = Z_M.$

$g_4)$ *Faţa de aşezare* reprezintă o suprafaţă având directoarele spirale arhimedice de pas P care trec prin punctele muchiei

$$x_\alpha = x_M;\ y_\alpha = r_V \cos(\varphi_m - \varphi);\ z_\alpha = r_V \sin(\varphi_m - \varphi),$$

în care $r_m = \sqrt{y_m^2 + z_m^2}$ şi unghiul φ_m este dat de relaţia

$$\varphi_m = \arcsin(z_m/r_m) = \text{arctg}(z_m/y_m).$$

Între razele la vârf r_V şi a unui punct curent de pe muchia r_m, există relaţia

$$r_V = r_m - (p/2\pi)\,\varphi_m\,;$$

g_5) *Profilul axial al cuţitului* rezultă în planul $z=0$ (respectiv $\varphi=0$)

$$x_{pr} = x_m;\; y_{pr} = r_m - (p/2\pi)\,\varphi_m\,;$$

La proiectarea cuţitului profilat spiral, o problemă constituie alegerea unghiului de aşezare la vârf α_{yv}. Într-un punct al feţei de aşezare, directoarea spirală arhimedică are ecuaţia polară $\rho = (p/2\pi)\,\varphi$, şi unghiul de aşezare are expresia

$$tg\,\alpha = d\rho/(\rho\, d\varphi) = 1/\varphi = P/(2\pi\,\rho).$$

Pentru $\rho = r_V$ (la vârf), unghiul de aşezare $\alpha = \alpha_{yv}$. Pasul spiralei rămânând constant, unghiul de aşezare creşte cu micşorarea razei punctului curent M după legea

$$tg\,\alpha_M = (r_V / r_M)\, tg\,\alpha_{yv}$$

Din această cauză, unghiul de aşezare la vârf α_{yv} se alege cu valoarea la limita inferioară a domeniului de variaţie al acestuia. După ce s-a ales unghiul α_{yv} se calculează pasul spiralei $P = 2\pi\, r_V\, tg\,\alpha_{yv}$, raza r_V fiind aleasă anterior.

h) Cuţit profilat disc elicoidal (fig. 3.44).

Directoarele elicoidale ale feţei de aşezare pentru un cuţit profilat disc, chiar dacă axa cuţitului este paralelă cu axa piesei, duc la apariţia unui unghi de aşezare pe porţiunile frontale ale piesei (cum este porţiunea VB din figura 3.44).

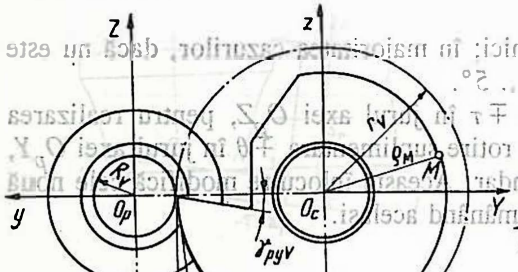


Fig. 3.43

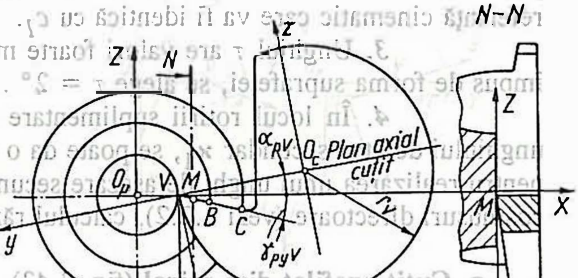


Fig. 3.44

Unghiul de aşezare lateral α_{xM} într-un punct curent M este dat de relaţia

$$tg\,\alpha_{xM} = P/(2\pi\, r_M)$$

Se alege o valoare convenabilă pentru unghiul lateral $\alpha_{xV} = 3° \dots 5°$ în vârful cuţitului, după care se calculează pasul P al elicoidului: $P = 2\pi\, r_V\, tg\,\alpha_{xV}$.

Determinarea profilului urmează un traseu asemănător cu cele din cazul cuţitelor disc

circulare.

h1) Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă cinematic:

- pentru cuţitele cu *simplă orientare* se determină la fel ca a_1;
- pentru cuţitele cu *dublă orientare* se determină la fel ca c_1.

h_2) Coordonatele centrului sistemului de referinţă constructiv O_c (X_O, Y_O, Z_O)

- pentru cuţite de exterior (la fel ca a_2);
- pentru cuţite de interior (la fel ca b_2).

h_3) Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă constructiv

- pentru cuţite de exterior (la fel ca a_3);
- pentru cuţite de interior (la fel ca b_3).

h_4) Faţa de aşezare este o suprafaţă elicoidală de pas P, determinat mai sus, care are ca generatoare muchia cuţitului

$$x_\alpha = x_m + P\,(\varphi - \varphi_m);$$
$$y_\alpha = r_m \cos\varphi;$$
$$z_\alpha = r_m \sin\varphi.$$

în care $r_m = \sqrt{y_m^2 + z_m^2}$.

h_5) Profilul axial în planul $z = \varphi = 0$, va avea ecuaţiile

$$x_{pr} = x_m - P\,\varphi_m; \quad y_{pr} = r_m.$$

i) Cuţit profilat frontal (fig. 3.45).

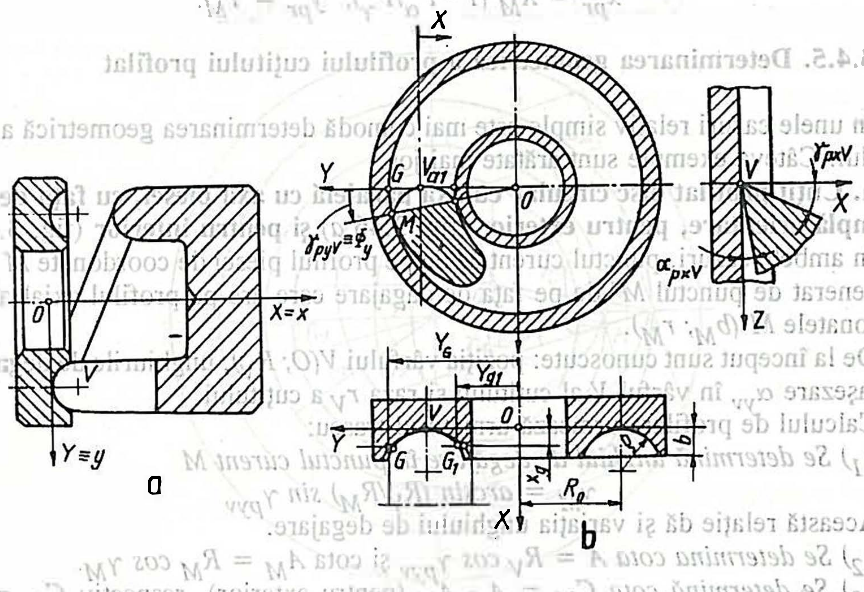


Fig. 3.45

În cazul unor suprafeţe profilate frontale se poate folosi un cuţit profilat cu avans axial (fig. 3.45). Se remarcă suprapunerea sistemelor de referinţă cinematic O_pXYZ şi constructiv O_cxyz. Suprafaţa de prelucrat este un tor cu generatoarea corespunzătoare

profilului piesei.

Pentru uniformizarea condiţiilor de aşchiere pe muchiile cuţitului, faţa de degajare a fost aleasă ca fiind o suprafaţă elicoidală (rezultă cu dublă orientare) de ecuaţie

$$X_\gamma = (P_\gamma/2\pi)\ \phi_\gamma; \quad Y_\gamma = R\cos\phi_\gamma; \quad Z_\gamma = R\sin\phi_\gamma$$

în care $P_\gamma = 2\pi R_V\, ctg\, \gamma_{pyv}$ este pasul elicoidului feţei de degajare.

i_1) Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă cinematic

$$X_m = X_M;$$
$$Y_m = R_M \cos(2\pi X_M / P_\gamma);$$
$$Z_m = R_M \sin(2\pi X_M / P_\gamma),$$

sau în coordonate polare $X_m = X_M;\ \phi_m = 2\pi X_M / P_\gamma$.

i_2) Ecuaţia muchiei în sistemul de referinţă constructiv va fi identică cu cea din sistemul de referinţă cinematic deoarece cele două sisteme de referinţă se suprapun

$$x_m = X_M;\ y_m = Y_M;\ z_m = Z_M.$$

i_3) Faţa de aşezare este un elicoid de pas P_α care trece prin punctele muchiei şi are ecuaţiile parametrice

$$X_\alpha = X_m + (P_\alpha/2\pi)(\phi - \phi_m); \quad Y_\alpha = R_M\cos\phi; \quad Z_\alpha = R_M\sin\phi$$

Pasul P_α al elicoidului rezultă din relaţia $P_\alpha = 2\pi R_V tg\, \alpha_{yv}$, unghiul de aşezare din vârf fiind apriori ales.

i_4) Profilul axial, care poate fi tehnologic şi de măsurare, rezultă din intersecţia feţei de aşezare cu planul axial de ecuaţie $\phi = 0$ şi va fi determinat de ecuaţiile

$$x_{pr} = X_M(1 - P_\alpha/P_\gamma);\ y_{pr} = Y_M.$$

3.4.5. Determinarea geometrică a profilului cuţitului profilat

În unele cazuri relativ simple este mai comodă determinarea geometrică a profilului cuţitului. Câteva exemple sunt arătate mai jos.

a. Cuţit profilat disc circular cu axa paralelă cu axa piesei, cu faţa de degajare cu simplă orientare, pentru exterior (fig. 3.46,*a*) **şi pentru interior** (fig. 3.46,b).

În ambele cazuri, punctul curent *M* de pe profilul piesei de coordonate $M(b_M; R_M)$ este generat de punctul *M'* de pe faţa de dagajare care are pe profilul axial al cuţitului coordonatele $M'(b_M; r_M)$.

De la început sunt cunoscute: poziţia vârfului $V(O; R_V)$, unghiurile de degajare γ_{pyv} şi de aşezare α_{yv} în vârful *V* al cuţitului şi raza r_V a cuţitului.

Calculul de profilare urmează următorul traseu:

a_1) Se determină unghiul de degajare în punctul curent M

$$\gamma_M = \arcsin(R_V/R_M)\sin\gamma_{pyv}$$

Această relaţie dă şi variaţia unghiului de degajare.

a_2) Se determina cota $A = R_V\cos\gamma_{pyv}$ şi cota $A_M = R_M\cos\gamma_M$.

a_3) Se determină cota $C_M = A - A_M$ (pentru exterior), respectiv $C_M = A_M - A$ (pentru interior).

a_4) Se determina cota $B = r_V\cos(\gamma_{pyv} + \alpha_{yv}) = r_V\cos\varepsilon$.

a_5) Se determină cota $B_M = B - C_M$.

a_6) Se determină unghiul $\varepsilon_M = \gamma_M + \alpha_M$ din relaţia

$$tg\ \varepsilon_M = (r_V/B_M)\ \sin\ (\gamma_{pyv} + \alpha_{yv}).$$

a_7) *Raza* r_M, care constituie coordonata radială căutată a punctului de profil, va fi

$$r_M = r_V \sin\ (\gamma_{pyv} + \alpha_{yv})\ /\ \sin\ \varepsilon_M.$$

a_8) *Variaţia unghiului de aşezare* este dată de relaţia $\alpha_M = \varepsilon_M - \gamma_M$.

a_9) *Cota* $h_C = O_cE$, numită şi *raza cercului de ascuţire*, este o cotă de control şi necesară operaţiei de ascuţire, este dată de relaţia

$$h_C = r_V \sin\ \varepsilon = r_V \sin\ (\gamma_{pyv} + \alpha_{yv})$$

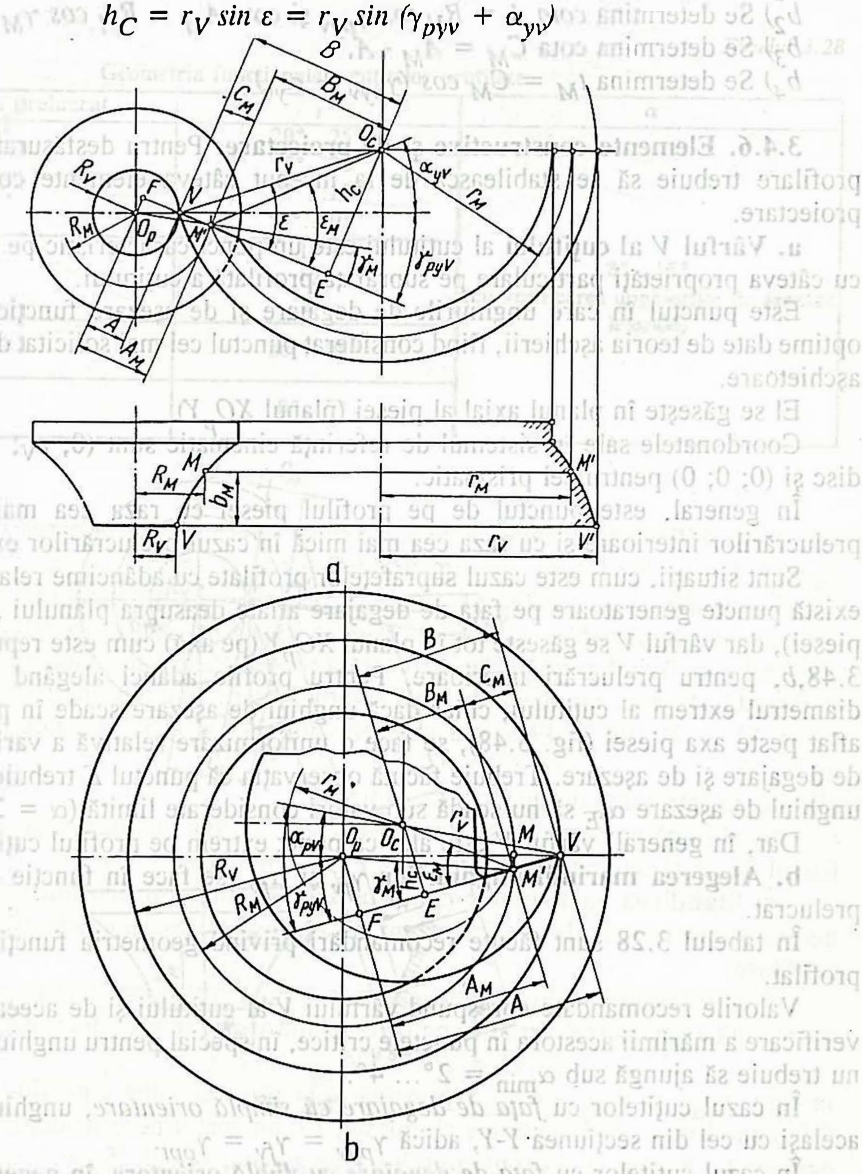


Fig. 3.46

b. Cuţit profilat prismatic cu faţa de degajare cu simplă orientare (fig. 3.47). Punctul curent *M* de pe piesa are coordonatele $M\ (b_M;\ R_M)$ şi este generat de punctul

M' care are pe profilul din planul normal pe fața de așezare coordonatele $M'(b_M; t_M)$.

Se cunosc: poziția vârfului *V* aflat pe cercul de rază R_V și unghiurile γ_{pyv} și α_{yv}.

Calculele de profilare se fac după următorul traseu:

b_1) *Se determina unghiul de degajare în punctul curent M* $\gamma_M = \arcsin (R_V/R_M) \sin \gamma_{pyv}$.

Cu această relație se determină și variația unghiului de degajare.

b_2) Se determina *cota A* $= R_V \cos \gamma_{pyv}$ și cota $A_M = R_M \cos \gamma_M$.

b_3) Se determina cota $C_M = A_M - A$.

b_4) Se determina $t_M = C_M \cos (\gamma_{pyv} + \alpha_{yv})$.

3.4.6. Elemente constructive și de proiectare. Pentru desfășurarea calculului de profilare trebuie să se stabilească de la început câteva elemente constructive și de proiectare.

a. Vârful *V* al cuțitului al cuțitului este un punct caracteristic pe profilul piesei și cu câteva proprietăți particulare pe suprafața profilată a cuțitului.

Este punctul în care unghiurile de degajare și de așezare funcționale au valorile optime date de teoria așchierii, fiind considerat punctul cel mai solicitat de pe tăișul sculei așchietoare.

El se găsește în planul axial al piesei (planul XO_pY).

Coordonatele sale în sistemul de referință cinematic sunt (0; r_V; 0) pentru cuțitul disc și (0; 0; 0) pentru cel prismatic.

În general, este punctul de pe profilul piesei cu raza cea mai mare în cazul prelucrărilor interioare și cu raza cea mai mică în cazul prelucrărilor exterioare.

Sunt situații, cum este cazul suprafețelor profilate cu adâncime relativ mare, în care există puncte generatoare pe fața de degajare aflate deasupra planului XO_pY (peste axa piesei), dar vârful *V* se găsește tot în planul XO_pY (pe axă) cum este reprezentat în figura 3.48,*b*, pentru prelucrări interioare. Pentru profile adânci alegând vârful *V* nu pe diametrul extrem al cuțitului, chiar dacă unghiul de așezare scade în punctul extrem *E* aflat peste axa piesei (fig. 3.48), se face o uniformizare relativă a variației unghiurilor de degajare și de așezare. Trebuie făcută observația că punctul *E* trebuie astfel ales încât unghiul de așezare α_{fE} să nu scadă sub valori considerate limită ($\alpha = 2° \ldots 4°$).

Dar, în general, vârful *V* este ales ca punct extrem pe profilul cuțitului.

b. Alegerea mărimii unghiurilor γ_{fv} și α_{fv} se face în funcție de materialul de prelucrat.

În tabelul 3.28 sunt făcute recomandări privind geometria funcțională a cuțitului profilat.

Valorile recomandate corespund vârfului *V* al cuțitului și de aceea este necesară o verificare a mărimii acestora în punctele critice, în special pentru unghiul de așezare care nu trebuie să ajungă sub $\alpha_{min} = 2° \ldots 4°$.

În cazul cuțitelor cu *fața de degajare cu simplă orientare*, unghiul optim γ_{fv} este același cu cel din secțiunea *Y-Y*, adică $\gamma_{pyv} = \gamma_{fv} = \gamma_{opt}$.

În cazul cuțitelor cu *fața de degajare cu dublă orientare*, în general, unghiul γ_{pxv} este determinat de forma suprafeței de prelucrat.

La prelucrarea unei suprafețe conice, pentru ca muchia cuțitului să fie rectilinie aflată în planul axial al piesei, trebuie ca γ_{pxv} să fie dat de relația

$$tg\, \gamma_{pxv} = (t/L)\, tg\, \gamma_{pyv} = tg\, \varepsilon\, tg\, \gamma_{pyv}.$$

în care t este diferenţa dintre razele extreme ale bazelor trunchiurilor de con, L este înălţimea acestuia, iar ε este semiunghiul la vârf al conului. Din relaţia

$$\cos\gamma_{fv} = (Y_V + Z_V tg\gamma_{pyv})/(R_V\sqrt{1+tg^2\gamma_{pxv}+tg^2\gamma_{pyv}}) = \cos\gamma_{opt}$$

cunoscută fiind valoarea unghiului γ_{pxv}, se determină γ_{pyv}.

Tabelul 3.28

Geometria funcţională a cuţitelor profilate.

Materialul de prelucrat	γ	α
Oţel σ_r=50 daN/mm²	20°...25°	8°...15° (cu verificarea unghiurilor de aşezare laterale)
50...80	15°...20°	
80...100	10°...15°	
100...200	5°...10°	
Fontă 150 HB	15°	
150...200	12°	
200...250	8°	
Cupru Aluminiu	20°...25°	
Bronz Alamă	0°...5°	

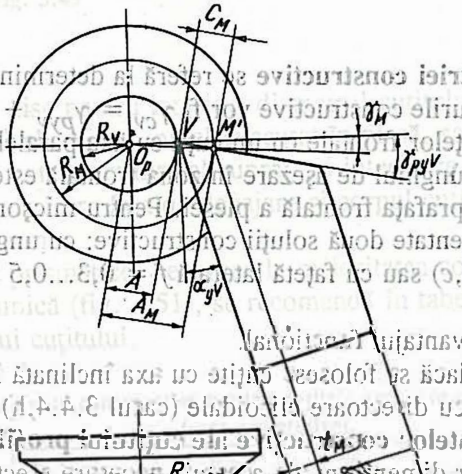


Fig. 3.47

În majoritatea cazurilor cuţitelor profilate, faţa de degajare are simplă orintare (γ_{px}=0) astfel că $\gamma_{pyv} = \gamma_{fv} = \gamma_{optim}$, iar variaţia unghiului de degajare funcţional este dată de relaţia

$$\sin\gamma_{fM} = (R_V/R_M)\sin\gamma_{pyv}\,;$$

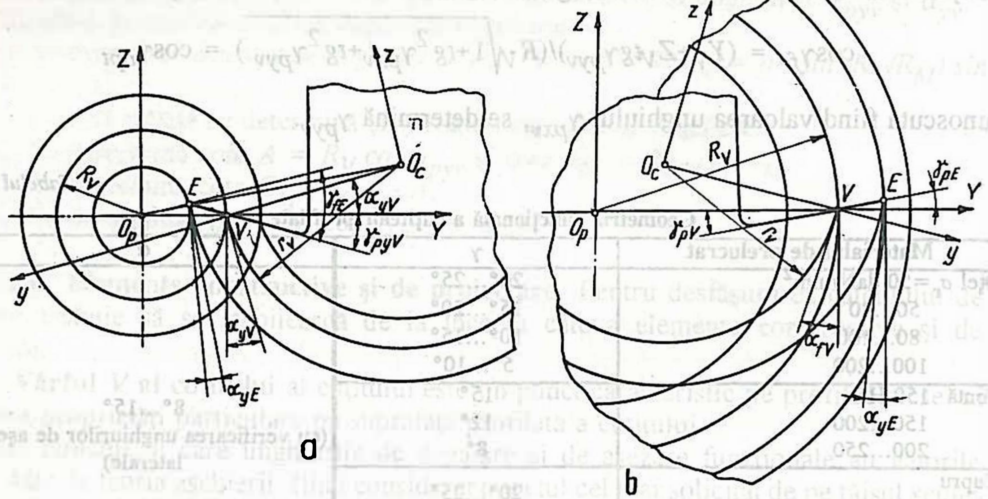


Fig. 3.48

c. Stabilirea geometriei constructive se referă la determinarea unghiurilor γ_v şi α_v (fig. 3.49,*a*,*b*). Unghiurile constructive vor fi $\gamma_{cv} = \gamma_{pyv} + \alpha_{cv}$ şi $\alpha_{cv} = 0$.

La strunjirea suprafeţelor frontale cu un cuţit cu axa paralelă cu axa piesei, datorită avansului radial, unghiul de aşezare în zona frontală este nul şi faţa de aşezare a cuţitului se freacă pe suprafaţa frontală a piesei. Pentru micşorarea efectului frecării, în figura 3.49 sunt reprezentate două soluţii constructive: cu unghi de atac secundar $\varkappa_1 = 1° ... 2°$ (fig. 3.49,*c*) sau cu faţetă laterală $f = 0{,}3...0{,}5$ mm. Cele două soluţii nu
elimină în întregime dezavantajul funcţional.

Se elimină complet dacă se folosesc cuţite cu axa înclinată faţă de axa piesei (cazul 3.4.4,f) sau cuţite cu directoare elicoidale (cazul 3.4.4,h).

d. Stabilirea elementelor constructive ale cuţitului profilat se referă la determinarea principalelor dimensiuni ale acestuia necesare efectuării calculului de profilare.

În cazul cuţitelor disc pentru exterior, (fig. 3.50), diametrul exterior maxim, care reprezintă şi diametrul cercului pe care se află vârful *V* este determinat cu relaţia

$$d = 2r_V = 2(t_{max} + g + a) + d_0$$

în care: $t_{max} = R_{max} - R_{min}$ reprezintă adâncimea maximă a profilului şi este egală cu diferenţa dintre razele extreme ale piesei; g - un spaţiu necesar degajării aşchiei şi este egal cu 4...8 mm; a - corpul cuţitului şi se alege $a = (0.25...0{,}3)\, d_0$, sau se poate alege $a > 6...10$ mm; d_0 - diametrul dornului pe care se montează cuţitul.

Diametrul dornului d_0 are valori normalizate: $d_0 = 10; 13; 16; 22; 27; 32; 40; 50$ mm.

La începutul calculului se alege o valoare constructivă care ulterior se verifică.

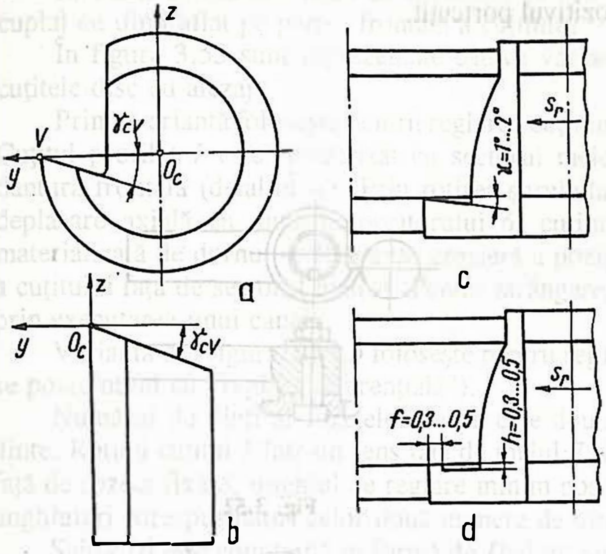


Fig. 3.49

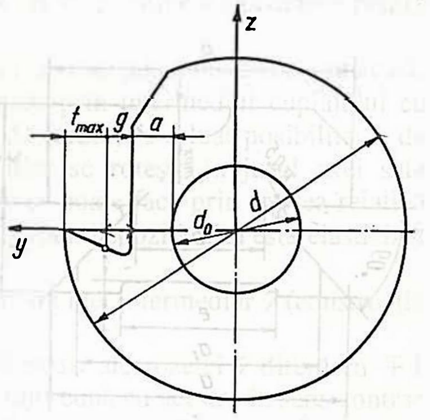


Fig. 3.50

În cazul cuţitelor disc pentru interior, diametrul cuţitului disc nu depăşeşte 0.8...0.9 din diametrul alezajului iniţial executat în piesă, sau nu depăşeşte 0.75...0.8 din diametrul cercului extrem minim al suprafeţei interioare.

Raza de racordare *r* între faţa de degajare şi corpul cuţitului (fig. 3.50) se alege constructiv *r* = 1...3 mm.

În cazul cuţitelor prismatice, deoarece la majoritatea construcţiilor prinderea se face în coadă de rândunică (fig. 3.51), se recomandă în tabelul 3.29 principalele dimensiuni ale corpului cuţitului.

Tabelul 3.29

Elemente constructive pentru cuţitele profilate prismatice (cote orientative).

t_{max}	B	C_{min}	≈a	≈a_1	≈b	h	e
4	30	10	24	23	15	7	10
6	45	15	40	39	24	14	15
10	60	20	48	46	31	14	20
15	80	25	58	56	41	14	25
20	100	35	65	62	54	17	30

La toate tipurile de cuţite profilate, lăţimea cuţitului este mai mare decât a piesei cu 0.5...2 mm.

e. Orientarea şi fixarea cuţitelor profilate. Aceste operaţii trebuie să satisfacă câteva condiţii: fixarea să asigure o rigiditate statică corespunzătoare eforturilor de aşchiere mari apărute în procesul de aşchiere, posibilitatea de reglare a poziţiei relative a cuţitului faţă de piesă (vârful lui să coincidă cu punctul corespunzător de pe piesă, iar

faţa de degajare să ocupe poziţia impusă de unghiurile funcţionale).

În general, *cuţitele profilate disc pentru exterior* sunt construite cu alezaj. În alezaj intră dornul cu care se prinde în dispozitivul portcuţit.

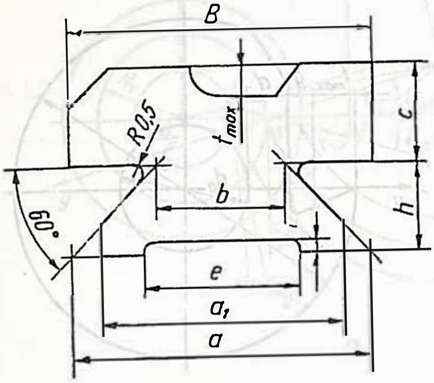


Fig. 3.51

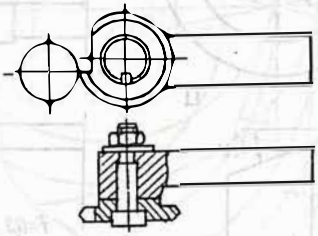


Fig. 3.52

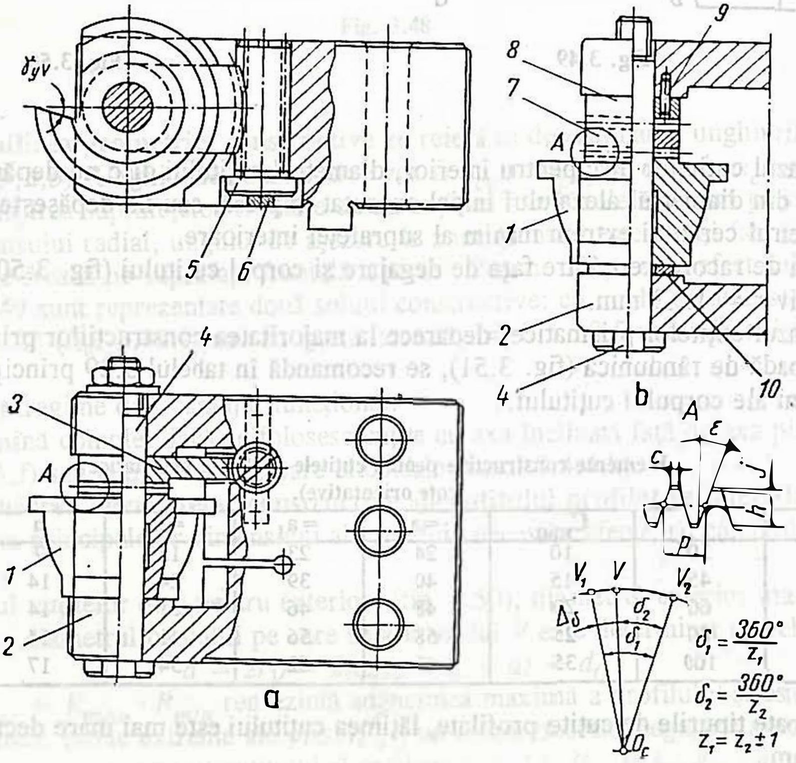


Fig. 3.53

În cazul cuţitelor cu lăţime relativ mică (b < 10...15 mm), eforturile de aşchiere sunt preluate numai de forţele de frecare care apar la strângerea cuţitelor în dispozitiv,

ştiftul având numai rolul de a bloca cuţitul în dorn.

În cazul eforturilor mari de aşchiere, preluarea lor este făcută prin intermediul - cuplaj cu dinţi aflat pe partea frontală a cuţitului.

În figura 3.53 sunt reprezentate câteva variante de dispozitive de prindere pentru cuţitele disc cu alezaj.

Prima variantă foloseşte pentru reglarea cuţitului *1* un mecanism melc-roată melcată. Cuţitul profilat *1* este solidarizat cu sectorul melcat *3*, prin intermediul cuplajului cu dantură frontală (detaliul A). Prin rotirea şurubului *5*, căruia i s-a luat posibilitatea de deplasare axială cu ajutorul opritorului *6*, cuţitul disc sc roteşte în jurul axei sale materializată de dornul *4*. Reglarea grosieră a poziţiei se poate face prin rotirea relativă a cuţitului faţă de sectorul melcat. Pentru strângere, corpul dispozitivului este elasticizat prin executarea unui canal.

Varianta din figura 3.53,*b* foloseşte pentru reglare un inel intermediar *7* (construcţia se poate numi cu "reglare diferenţială").

Numărul de dinţi al rozetelor de pe cele două flancuri ale rozetei *7* diferă cu ∓ 1 dinte. Rotind cuţitul *1* într-un sens faţă de inelul *7* şi, împreună cu acesta, în sens contrar faţă de rozeta fixă *8*, unghiul de reglare minim posibil corespunde diferenţei dintre paşii unghiulari corespunzători celor două numere de dinţi (fig. 3.53,*c*).

Şaiba *10* este construită în formă de *U* şi grosimea ei constituie o cotă de închidere.

Strungurile automate sunt dotate cu dispozitive portcuţit care funcţionează după principii asemănătoare cu cele descrise mai sus.

Un astfel de dispozitiv este cel din figura 3.54 care principial se aseamănă cu cel din figura 3.53,*a*.

Numărul de dinţi pentru cuplajele frontale este cuprins în limitele $z = 10...50$ dinţi.

Prelucrarea danturii frontale se face prin frezare cu o freză biunghiulară ca în figura 3.55. Unghiul de profil al frezei $\beta = 60°$ sau $90°$. Unghiul φ cu care se înclină axa cuţitului în capul divizor al maşinii de frezat este determinat de relaţia

$$\cos \varphi = tg\ (90°/z)\ ctg\ (\beta/2)$$

în care *z* reprezintă numărul de dinţi al rozetei.

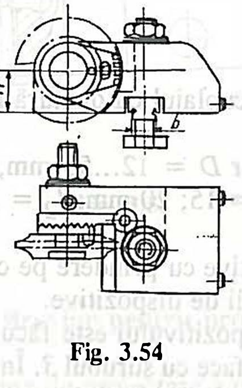


Fig. 3.54

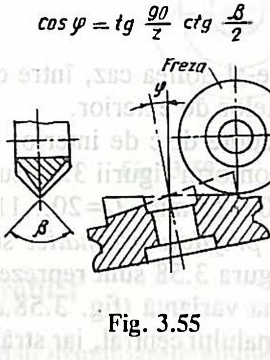


Fig. 3.55

Rozeta poate fi corp comun cu al cuţitului (fig. 3.56,*a*) sau poate fi separată de acesta şi solidarizată faţă de acesta printr-un ştift sau pană (fig. 3.56,*b*).

Rozeta demontabilă este recuperabilă.

În locul danturii frontale pot fi folosite cuplaje cu danturi cilindrice interioare sau exterioare (fig. 3.56,*c*,*d*).

Cuţitele profilate disc pentru interior sunt construite cu coada în două variante: cu coadă sudată (fig. 3.57,*a*) sau cu coadă ataşată printr-o îmbinare cu şurub (fig. 3.57,*b*).

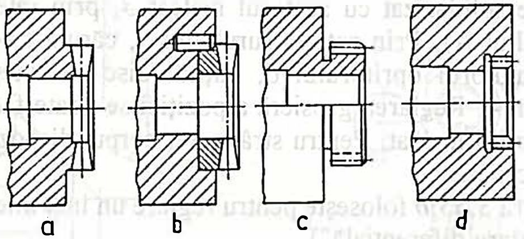


Fig. 3.56

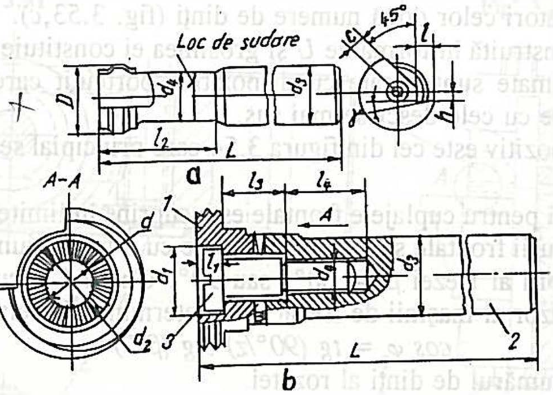


Fig. 3.57

În cel de-al doilea caz, între cuţit şi coadă există cuplajul cu dantură frontală ca şi în cazul cuţitelor de exterior.

Pentru cuţite disc de interior cu diametrul exterior D = 12...55 mm, principalele dimensiuni conform figurii 3.57 sunt următoarele: d_3 = 15; 20 mm; l_2 = 16...20 mm; $l_3 = l_4$ = 20...25 mm; L=20...110 mm.

Cuţitele profilate prismatice sunt fixate în dispozitive cu prindere pe coadă de rândunică. În figura 3.58 sunt reprezentate două construcţii de dispozitive.

La prima variantă (fig. 3.58,*a*), corpul doi al dispozitivului este făcut elastic prin realizarea canalului central, iar strângerea cuţitului *1* se face cu şurubul *3*. În varianta din figura 3.58,*b*, strângerea pe coadă de rândunică se face cu brida *4* şi şurubul *3*.

f. Materialul din care sunt executate cuţitele profilate este oţelul rapid (*Rp3; Rp4; Rp1; Rp2*). În general, se construieşte monobloc cu excepţia celor pentru prelucrări interioare la care coada se execută din oţeluri slab aliate.

Sunt construcţii de cuţite profilate disc sau prismatice la care partea activă este executată din plăcuţe de oţel rapid sau de amestecuri de carburi sinterizate, soluţii constructive, fiind reprezentate în figura 3.59,*a*. Pot fi construite cu plăcuţe (fig.3.59,*a*) sau cu un inel din amestecuri de carburi metalice *1* lipit peste un corp *2* din oţel de construcţie (fig. 3.59,*b*).

În cazul execuţiei din oţel rapid, după tratamentul termic duritatea părţii active trebuie să fie 62...64 HRC, iar a corpului 42 ... 48 HRC.

g. Ascuţirea cuţitului profilat se face pe faţa de degajare. Reglarea dispozitivului se face corespunzător unghiului de degajare constructiv $\gamma_{cv} = \gamma_{pyv} + \alpha_{yv}$. În cazul cuţitelor disc, faţa de degajare rămâne tot timpul tangentă la un cerc, numit cerc de control, a cărui rază este $r_c = r_V \sin(\gamma_{pyv} + \alpha_{yv})$ (egală cu cota $h_c = O_cE$ din figura 3.46).

h. Alte elemente de proiectare legate de **alegerea regimului de aschiere**, calculul eforturilor de aşchiere, verificarea de rezistenţă ş.a., se determină conform indicaţiilor din literatura de specialitate.

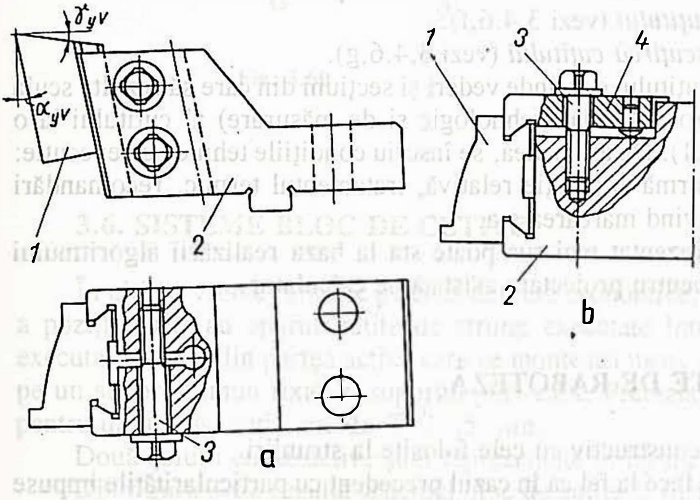


Fig. 3.58

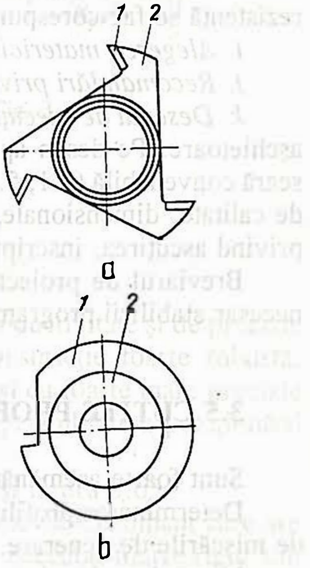


Fig. 3.59

3.4.7. Breviar pentru proiectarea cuţitului profilat

Prin tema de proiectare a unui cuţit profilat se dau următoarele elemente: suprafaţa profilată a piesei prin profilul axial; condiţii tehnice pentru suprafaţa de prelucrat (dimensionale, poziţie relativă, rugozitate ş.a.); materialul piesei; maşina-unealtă pe care se face prelucrarea.

se face prelucrarea.

Se va indica un traseu de proiectare a unui cuţit profilat.

a. Alegerea tipului constructiv de cuţit profilat funcţie de caracteristicile suprafeţei de prelucrat (suprafaţa exterioară sau interioară; cu porţiuni frontale pronunţate; în funcţie de precizia dimensională) şi de maşina-unealtă pe care se va face prelucrarea.

b. Alegerea geometriei funcţionale în funcţie de ţipul cuţitului ales şi de materialul piesei de prelucret (vezi 3.4.6,b).

c. Stabilirea poziţiei vârfului V în funcţie de caracteristicile şi dimensiunile piesei (vezi 3.4.6,*a*).

d. Determinarea şi alegerea dimensiunilor caracteristice ale cuţitului profilat: diametrul exterior pentru cuţitele disc, dimensiunile corpului cuţitului prismatic (vezi 3.4.6,*d*).

e. Determinarea profilului cuţitului se face conform metodelor indicate: grafică (dacă este posibil), analitică sau geometrică (vezi 3.4.3; 3.4.4; 3.4.5). Se alege metoda cea mai simplă şi care este posibilă.

f. Determinarea geometriei constructive (vezi 3.4.6,c).

g. Proiectarea (sau alegerea) dispozitivului de orientare şi fixare a cuţitului profilat în funcţie de tipul cuţitului şi al maşinii-unelte (vezi 3.4.6,e).

h. Alegerea regimului de aşchiere, calculul forţelor de aşchiere şi verificarea de rezistenţă se fac corespunzător indicaţiilor din literatura de specialitate.

i. Alegerea materialului cuţitului (vezi 3.4.6,f).

j. Recomandări privind ascuţirea cuţitului (vezi 3.4.6,g).

k. Desenul de execuţie al cuţitului cuprinde vederi şi secţiuni din care să rezulte scula aşchietoare. Pe desen apare profilul axial (tehnologic şi de măsurare) al cuţitului la o scară convenabilă (2:1; 5:1; 10:1). De asemenea, se înscriu condiţiile tehnice de execuţie: de calitate, dimensionale, de formă şi poziţie relativă, tratamentul termic, recomandări privind ascuţirea, inscripţia privind marcarea ş.a.

Breviarul de proiectare prezentat mai sus poate sta la baza realizării algoritmului necesar stabilirii programului pentru proiectare asistată pe calculator.

3.5 CUŢITE PROFILATE DE RABOTEZĂ

Sunt foarte asemănătoare constructiv cu cele folosite la strunjiri.

Determinarea profilului se face la fel ca în cazul precedent cu particularităţile impuse de mişcările de generare.

În cazul unui cuţit profilat disc (fig. 3.60) pentru un punct curent M aflat la cota Y_M, raza r_M a cuţitului, care defineşte poziţia punctului de pe profilul cuţitului, este dată de relaţia

$$r_M = (1/\cos\gamma_{pv})\sqrt{(r_V\cos\gamma_{pv} - Y_M\cos\varepsilon)^2 + Y_M^2\sin^2\varepsilon}$$

în care r_V reprezintă raza la vârf a cuţitului; γ_{pv} - unghiul de degajare; $\varepsilon = \gamma_{pv} + \alpha_{yv}$; α_{yv} - unghiul de aşezare.

În cazul cuţitului profilat prismatic (fig. 3.61), profilul cuţitului este determinat prin puncte având cota t_M dată de relaţia

$$t_M = (Y_M \cos\varepsilon)/\cos\gamma_{pyv} = (Y_M/\cos\gamma_{pyv}) \cos(\gamma_{pyv} + \alpha_{yv})$$

Ele se construiesc cu faţa de degajare cu simplă orientare. Elementele constructive se aleg ca în cazul celor pentru strunjire.

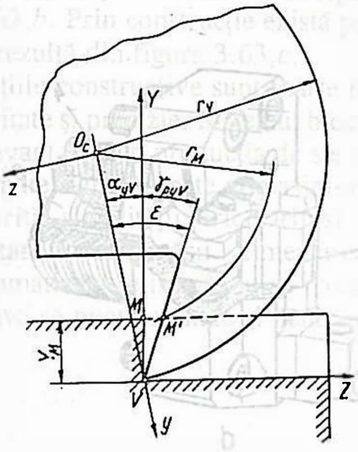


Fig. 3.60

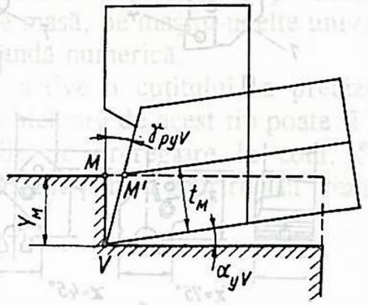


Fig. 3.61

3.6. SISTEME BLOC DE CUŢITE

În ultima vreme, impuse pe considerente economice, de productivitate şi de precizie a poziţionării, au apărut cuţite de strung executate într-o construcţie foarte robustă, executate numai din partea activă care se montează uşor, rapid şi cu foarte mare precizie pe un suport comun fixat în suportul port-cuţit. Precizia de repetabilitate a poziţionării pentru un acelaşi cuţit este de ∓ 2...5 μm.

Două soluţii constructive şunt reprezentate în figura 3.62 şi figura 3.63.

Din figura 3.62 rezultă sistemul bloc de cuţite al firmei Sandvik-Coromant care are la bază un brevet de invenţie francez. Cuţitul *1*, (fig.3.62,*a*,*b*) executat foarte rigid sub forma părţii active armată demontabil cu plăcuţa *4* este fixat şi orientat în corpul portcuţit *2* prin intermediul plunjerului *3*. Plunjerul *3* se îmbină cu cuţitul *1* prin intermediul unui alezaj cilindric elastic.

Orientarea pe axele *OX* şi *OZ* este realizată pe suprafeţe plane, bine prelucrate şi poziţionate, astfel că precizia de poziţionare este de ∓ 2 μm pe axa *OX* şi ∓ 5 μm pe axa *OZ*.

În figura 3.62,*a* este arătată poziţia nestrânsă a cuţitului, iar în figura 3.62,*b* este arătată poziţia sa blocată. Cuţitul, executat numai ca parte activă, este realizat în numeroase variante constructive, este armat cu plăcuţe din amestecuri de carburi metalice, două variante fiind reprezentate în figura 3.62,*c*. Din figura 3.62,*d* rezultă construcţia

suportului portcuţit, în varianta cu acţionare hidraulică, în care se remarcă plunjerul cilindric *1* şi reazemul *2* de orientare pe axa *OX*. In această variantă fixarea este mecanică şi realizată prin arcurile taler *4*, iar deblocarea este făcută hidraulic (nereprezentată pe desen) prin acţionarea bolţului *3* comprimându-se arcurile *4*.

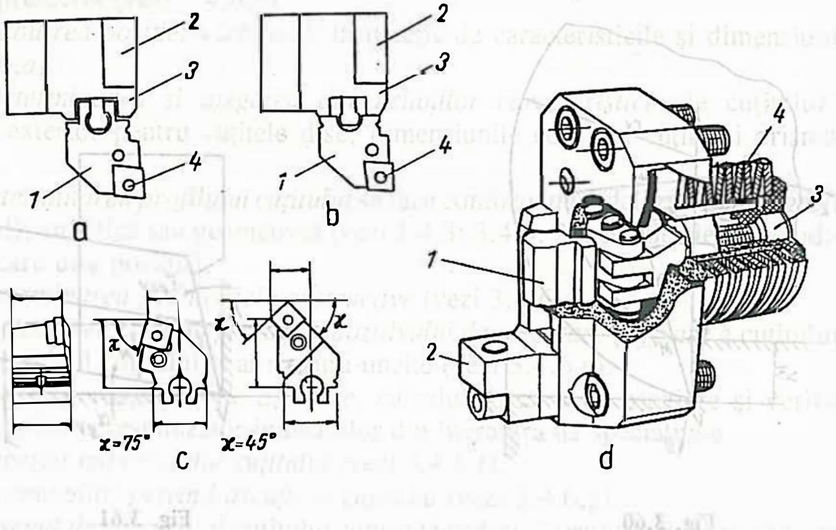


Fig. 3.62

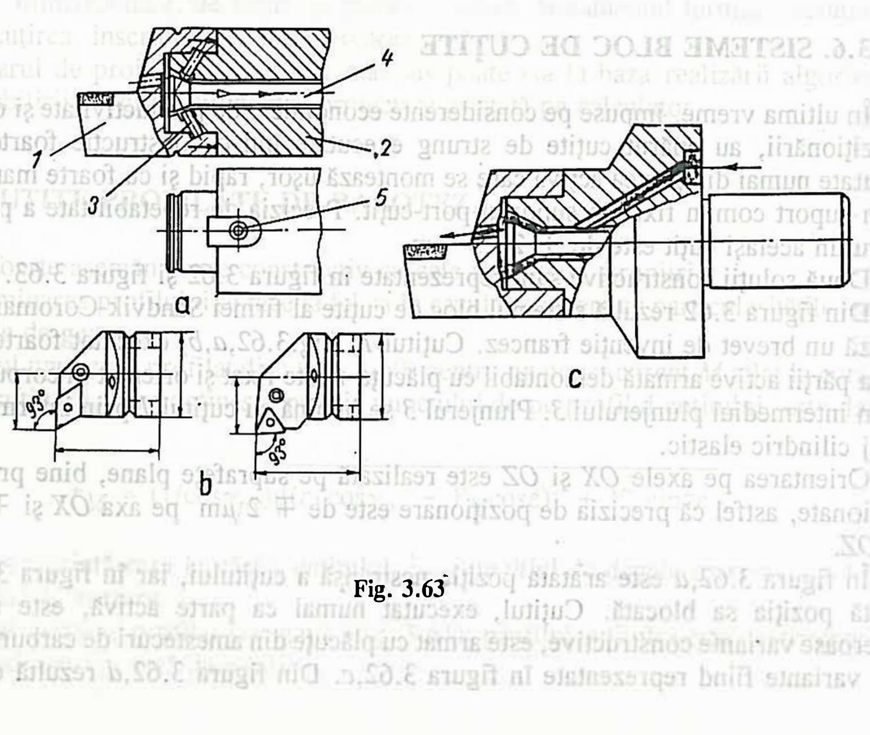


Fig. 3.63

Soluţia executată are dezavantajul că nu permite o răcire individuală prin corpul cuţitului.

O a doua soluţie constructivă, a firmei Walter, rezultă din figura 3.63. Partea activă *1* (fig. 3.63,*a*) este orientată în suportul portcuţit *2*, printr-un ajustaj cilindric şi a unei pene transversale *5*. Fixarea este realizată prin intermediul plunjerului *3* acţionate de tija centrală *4*. Cuţitul este armat demontabil cu plăcuţe din amestecuri de carburi metalice de diferite forme şi dimensiuni, corespunzător scopului, două variante fiind prezentate în figura 3.63,*b*. Prin construcţie există posibilitatea răcirii individuale a zonei de aşchiere, aşa cum rezultă din figura 3.63,*c*.

Soluţiile constructive sunt foarte robuste, foarte ieftine permiţând aşchieri de mare productivitate şi precizie. Sistemul bloc de cuţite este folosit în orice fel de producţie, dar îşi arată avantajele în producţia de serie mare sau de masă, pe maşini-unelte universale, semiautomate sau automate şi maşini-unelte cu comandă numerică.

Datorită simplităţii orientării şi fixării părţii active a cuţitului, a preciziei de repetabilitate a poziţionării, alimentarea cu scule aşchietoare de acest tip poate fi foarte uşor automatizată eliminându-se complet operaţiile de prereglare la cotă. Soluţia constructivă se poate extinde şi pentru alte tipuri de scule pentru găurire sau frezare.

4

SCULE PENTRU PRELUCRAREA ALEZAJELOR

Sunt scule destinate executării găurilor sau prelucrărilor de degroşare ori finisare a unor alezaje sau suprafeţe frontale legate de acestea. Cele mai folosite scule pentru prelucrarea alezajelor sunt următoarele: a) burghie pentru găurire în material plin sau pentru lărgirea unor găuri; b) lărgitoare folosite la lărgirea găurilor (turnate, forjate sau prelucrate cu burghiul) şi pentru prelucrările de adâncire, planare, profilare sau teşire; c) alezoare utilizate la finisarea găurilor; d) cuţite pentru prelucrarea găurilor, utilizate la degroşarea, adâncirea şi alezarea găurilor de diametru mare.

La proiectarea sculelor pentru prelucrarea alezajelor este necesar să se parcurgă urmatoarele etape: a) stabilirea tipului sculei în funcţie de forma, dimensiunile şi condiţiile tehnice impuse alezajului, de factorii tehnologici etc.; b) alegerea materialului sculei şi a tratamentului termic; c) stabilirea parametrilor cinematici ai aşchierii, alegerea maşinii-unelte; d) determinarea parametrilor constructivi şi geometrici optimi ai părţii aşchietoare; e) stabilirea schemei de ascuţire şi reascuţiri; f) stabilirea condiţiilor tehnice.

4.1. BURGHIE

Burghiele sunt scule folosite la executarea găurilor în plin, sunt scule pentru degroşare, dar în multe situaţii găurile prelucrate cu burghiele sunt suficient de precise pentru utilizare fără a fi necesară finisarea lor. Se construiesc în general cu două tăişuri principale, iar clasificarea lor se face după construcţie şi după materialul părţii aşchietoare.

După construcţie se disting următoarele categorii de burghie:
- burghie cu canale elicoidale;
- burghie cu canale drepte;
- burghie late monobloc sau cu lamă demontabilă;
- burghie de centruire;
- burghie speciale pentru prelucrarea găurilor adânci.

Burghiele elicoidale sunt în prezent cele mai folosite datorită formei lor care le conferă o geometrie corespunzatoare a părţii aşchietoare, preciziei de prelucrare bună, duratei de utilizare mari ca urmare a numărului mare de reascuţiri posibile.

Burghiele cu canale drepte sunt mai simple constructiv, mai rigide, dar utilizate numai în anumite cazuri datorită unghiurilor de degajare negative şi evacuării dificile a aşchiilor.

Burghiele late au o construcţie simplă dar au dezavantaje în ceea ce priveşte geometria părţii active şi precizia prelucrării; se folosesc pentru prelucrarea găurilor de

diametre mici în industria de mecanică fină, la prelucrarea unor găuri de diametre mari sau în componenţa unor scule combinate pentru prelucrarea alezajelor.

Burghiele de centruire sunt scule destinate prelucrării găurilor de centrare şi au o construcţie specială.

Burghiele pentru prelucrarea găurilor adânci prezintă construcţii speciale cu tăişuri divizate, asimetrice, plăcuţe de ghidare şi elemente pentru conducerea lichidului de aşchiere şi a aşchilor.

După materialul părţii active burghiele se clasifică în:

- burghie din oţel rapid;
- burghie cu tăişuri din carburi metalice: pentru utilizări speciale, la diametre $d < 5\ mm$, se construiesc burghie monobloc din carburi metalice sinterizate; la diametre mai mari, plăcuţele speciale din carburi metalice se lipesc pe corpul din oţel sau se prind mecanic în suporţi corespunzatori.

4.1.1. Elemente constructive, geometrice şi de proiectare ale burghielor

Burghiele cu canale elicoidale se construiesc cu toate suprafeţele active curbe, pentru a se obţine parametrii geometriei constructive şi functionale necesari aşchierii şi o evacuare bună a aşchiilor.

După tehnologia de execuţie burghiele elicoidale se împart în:

- burghie cu canale rectificate din plin, cu diametre $d < 5\ mm$;
- burghie cu canale laminate, cu $2 < d < 25\ mm$;
- burghie cu canale frezate.

După forma cozii, burghiele elicoidale sunt:

- burghie cu coadă cilindrică;
- burghie cu coadă conică.

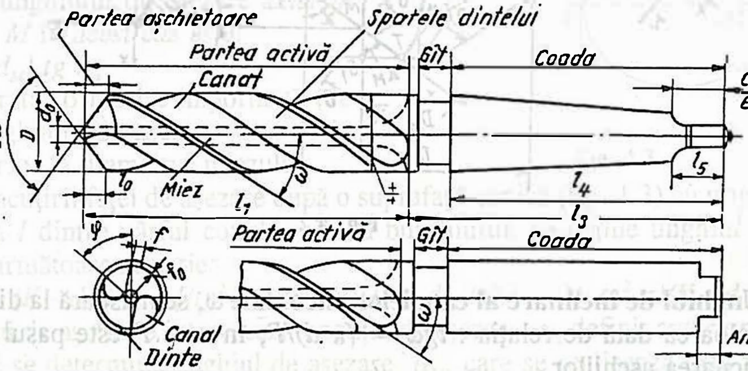


Fig. 4.1

Elemente constructive ale burghielor elicoidale (fig.4.1) sunt în principal urmatoarele:

- partea aşchietoare l_0 care conţine tăişurile principale, feţele de aşezare principale, feţele de degajare;

- partea activă l_1 conţine tăişurile secundare, feţele de aşezare secundare sau faţetele f şi rezerva de reascuţire; este prevăzută cu două canale elicoidale pentru dirijarea şi evacuarea aşchiilor;

- gâtul burghiului l_2;

- coada burghiului l_4 care poate fi cilindrică sau conică;

- capătul de evacuare sau antrenare l_5;

- miezul sau partea centrală a burghiului situată la baza canalelor de evacuare, pe lungimea acestora.

a. Geometria constructivă a burghiului elicoidal (fig.4.2) se defineşte prin unghiurile părţii active, care sunt variabile în funcţie de poziţia punctului curent *M* pe muchie. Determinarea acestor unghiuri se face considerând că muchiile principale sunt practic rectilinii la majoritatea metodelor de ascuţire.

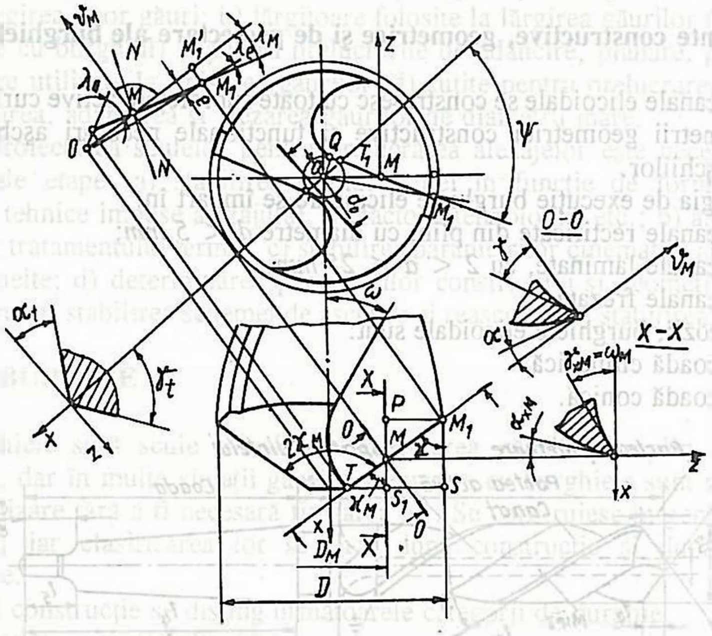


Fig. 4.2

a1. Unghiul de înclinare al canalelor elicoidale ω, se măsoară la diametrul exterior d şi are valoarea dată de relaţia : $tg\omega = (\pi\ d)/P$, în care P este paşul elicei canalelor pentru evacuarea aşchiilor.

Într-un punct curent M, situat la diametrul d_M, unghiul de înclinare a canalului de evacuare a aşchiilor se determină cu relaţia: $tg\omega_M = (d\ /\ d_M)tg\omega$.

a2. Unghiul de atac $\varkappa$ se măsoară într-un plan axial ca şi unghiul de vârf $2\varkappa$. Unghiul de atac se micşorează de la exterior spre mijlocul burghiului; în punctul curent M valoarea lui $\varkappa_M$ se determină cu relaţia: $tg\varkappa_M = (d\ /\ d_M)\ tg\varkappa\ [(d_M^2 - d_o^2)\ /\ (d^2 - d_o^2)]^{1/2}$.

a3. Unghiul de înclinare a muchiei λ_M este variabil în lungul muchiei burghiului elicoidal (considerând muchia rectilinie), valoarea fiind dată de relaţia:

$$ctg\ \lambda_M = -\{(d_M\ /\ d_o)^2 - 1 + [(d^2 - d_o^2)\ /\ (d^2 \cdot d_o^2)]\ d_M^2\ ctg^2\varkappa\}^{1/2}$$

a4. Unghiul de degajare γ_{nM} este măsurat în planul normal al muchiei *N-N*. Între unghiul γ_{nM} şi unghiul de degajare γ_M definit în planul de măsurare *O-O* (normal pe tangenta aparentă, STAS 6599-81) există următoarea relaţie: $tg\gamma_{nM} = tg\gamma_M \cos\lambda_M$.

Unghiul de degajare γ_M este legat de celelalte unghiuri constructive prin relaţiile:

$$tg\ \gamma_{xM} = tg\ \gamma_M \sin \varkappa_M - tg\ \lambda_M \cos \varkappa_M;$$

$$tg\ \gamma_M = (tg\ \gamma_{xM} / \sin \varkappa_M) + tg\ \lambda_M\ ctg\ \varkappa_M.$$

Unghiul de degajare în plan axial γ_{xM} este egal cu unghiul de înclinare a elicei canalului de evacuare a aşchiilor în punctul *M* şi se obţine: $tg\ \gamma_M = (d / d_M)(tg\ \omega / \sin \varkappa_M) + tg\ \lambda_M\ ctg\ \varkappa_M$.

a5. Unghiul de aşezare α_{nM}, măsurat în plan normal pe muchia de aşchiere este legat de unhgiul α_M definit în planul de măsurare *O-O* prin relaţia:

$tg\ \alpha_{nM} = tg\ \alpha_M / \cos \lambda_M$.

Unghiul de aşezare se obţine prin ascuţire şi legea lui de variaţie depinde de forma suprafeţei de aşezare care poate fi elicoidală, conică, cilindrică, cilindro-eliptică sau plană. Între unghiul de aşezare α_M şi celelalte unghiuri constructive ale burghiului exista relaţia:

$ctg\ \alpha_{xM} = ctg\ \alpha_M \sin \varkappa_M - tg\ \lambda_M \cos \varkappa_M$.

În cazul ascuţirii feţei de aşezare după o elicoidală cu pasul *p* se obţine la diametrul exterior al burghiului unghiul de aşezare α_x dat de relaţia: $tg\ \alpha_x = p / (\pi\ d)$.

Expresia unghiului de aşezare axial în punctul curent *M* în acest caz este:

$tg\ \alpha_{xM} = (d / d_M)\ tg\ \alpha_x$.

Aceasta arată o mărire importantă (de, *2...4 ori*) a unghiului de aşezare α_{xM} de la diametrul exterior la diametrul miezului.

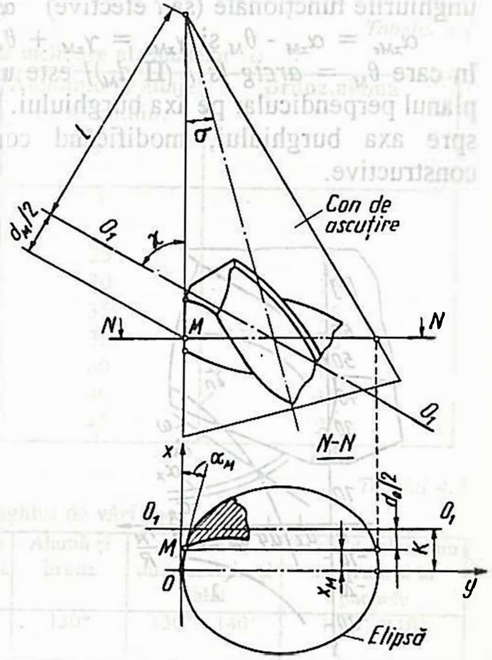


Fig. 4.3

În cazul ascuţirii feţei de aşezare după o suprafaţă conică (fig. 4.3) cu unghiul la vârf 2σ, cu distanţa *l* dintre vârful conului şi axa burghiului, se obţine unghiul de aşezare variabil după următoarea relaţie:

$$tg\ \alpha_M = (K - d_o / 2) / [(tg^2\ \sigma / \sin^2 \varkappa)(1 + d_M / 2)^2 - (1 - tg^2\ \sigma)(K - d_o/2)^2]^{1/2}$$

În procesul de aşchiere interesează unghiul de aşezare α_x definit anterior; în funcţie de valoarea lui se determină unghiul de asezare α_M, care se realizează prin ascuţire.

a6. Unghiul de înclinare a tăişului transversal ψ (fig. 4.2) se măsoară în planul perpendicular pe axa burghiului.

Pe baza relaţiilor prezentate se trasează curbele de variaţie ale unghiurilor constructive ale burghiului elicoidal (fig. 4.4) din care se constată următoarele:

- unghiul de înclinare a canalelor ω_M se micşorează de la diametrul exterior către miezul burghiului şi în consecinţă unghiul γ_x.
- unghiul de degajare γ_n se micşorează către miezul burghiului unde capătă valori negative datorită influenţei lui λ_M.

- unghiul de atac se micşorează spre miezul burghiului;

- unghiul de înclinare a muchiei λ este negativ; valoarea lui absolută se măreşte spre miezul burghiului;

- unghiul de aşezare α_x se măreşte de la exterior spre miez, unghiul de aşezare normal α_n are o variaţie similară; legea de variaţie a lui α depinde de forma suprafeţei de aşezare realizată prin ascuţire, o variaţie mai mare fiind în cazul ascuţirii elicoidale.

b. Geometria funcţională a burghiului elicoidal se defineşte în raport cu direcţia vitezei efective de aşchiere v_e şi planul de referinţă efectiv P_{re} (fig. 4.5). În punctul considerat *M* pe muchia burghiului care aşchiază cu avansul pe rotaţie *s* se obţin unghiurile funcţionale (sau efective) α_{xMe} şi γ_{xMe}, diferite de cele constructive:

$\alpha_{xMe} = \alpha_{xM} - \theta_M$ şi $\gamma_{xMe} = \gamma_{xM} + \theta_M$,

în care $\theta_M = arctg\ [s\ /\ (\Pi\ d_M)]$ este unghiul format de viteza efectivă de aşchiere cu planul perpendicular pe axa burghiului. Unghiul θ_M este variabil, crescător de la exterior spre axa burghiului, modificând corespunzător unghiurile efective faţă de cele constructive.

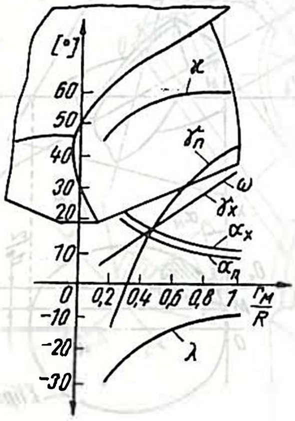


Fig. 4.4

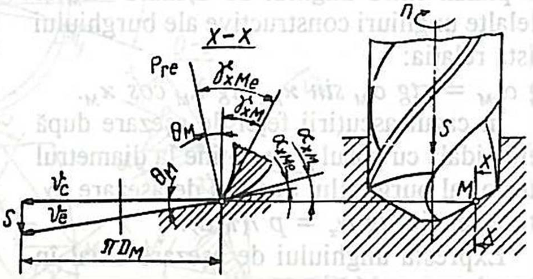


Fig. 4.5

c. Geometria optimă a burghielor elicoidale se stabileşte, ca şi la alte tipuri de scule, pe baza criteriilor: durabilitate, forţe de aşchiere, rugozitate si precizie a suprafeţelor prelucrate dar ţinând seama că la burghie atât viteza de aşchiere cât şi parametrii geometrici constructivi şi funcţionali sunt variabili de-a lungul tăişului. De asemenea se ţine seama de legătura între unghiuril $\varkappa$, ω, γ şi profilul canalului elicoidal, elemente care trebuie astfel corelate încât să rezulte muchia de aşchiere rectilinie. Rezultă deci că modificarea unghiului de atac implică şi schimbarea unghiului de degajare şi a formei muchiei:

c1. Unghiul de înclinare a canalelor elicoidale ω optim se stabileşte în funcţie de materialul burghiului şi a materialului de prelucrat. Pentru diametre mari sunt indicate valori mari, cuprinse între *30°...35°*, la care aşchiile se evacuează uşor, iar la diametre mici, din cauza micşorării rezistenţei dintelui odată cu creşterea lui ω se recomandă valori de 15°...22°. Pentru diametre medii sunt indicate valorile cuprinse între *20°...25°*.

După natura materialului de prelucrat unghiul ω poate fi *35°...45°* la burghie pentru prelucrarea aluminiului şi a aliajelor lui sau cu valori mult mai mici, de *12°...20°* la burghiele pentru prelucrarea alamei sau bronzului. De asemenea se recomandă valori mici, de *10°...18°* pentru întărirea tăişurilor principale la burghiele destinate prelucrării oţelurilor aliate, cu $\sigma_r = 130...150$ *daN/mm²* sau fontelor dure cu *HB = 250...350* sau la prelucrarea tablelor din oţel, aluminiu, alamă, pentru evitarea ruperii burghiului la străpungerea găurii. Ţinând seama de aceste considerente în tabelul 4.1 sunt prezentate valorile recomandate pentru unghiul ω în funcţie de diametrul burghiului şi de materialul de prelucrat.

Tabelul 4.1

Valori recomandate pentru unghiul de inclinare al canalelor ω

Diametrul burghiului	Oţeluri şi fonte normale	Oţeluri cu $\sigma_r \geq 100$ daN/mm² Fonte dure	Aluminiu şi aliaje de aluminiu, cupru	Bronz,alamă
până la 0,6	16	-	-	-
0,6...1	19	-	-	-
1,0...3,2	20...22	10	25	12
3,2...5,0	23...24	11	30	13
5,0...10	25...27	12	35	15
10...20	28...29	13	35	16
20...30	30...31	14	40	17
30...40	31...32	15	40	18
peste 40	32...35	16...18	45	20

Tabelul 4.2

Valori recomandate pentru unghiul de vârf $2\varkappa$

Materialul de prelucrat	Oţeluri şi fonte normale	Oţeluri şi fonte dure	Cuplu şi tablă de oţel separată şi în pachete	Alamă şi bronz	Aluminiu, duraluminiu şi babit	Tablă de aluminiu separata şi în pachete
$2\varkappa$	116°...120°	130°...135°	125°	130°	130°...140°	100°...110°

Tabelul 4.3

Valori recomandate pentru unghiul de aşezare

Diametrul burghiului	0,25-1	1-3,2	3,2-10	10-15	15-20	20-30	30-40	40-50	>50
Unghiul de aşezare α	14°	13°-14°	12°-13°	11°-12°	10°-12°	9°-11°	9°-10°	8°-9°	8°

c2. Unghiul la vârf $2\varkappa$ este la burghiele elicoidale normale de *118°*; pentru materialele mai dure, cu $\sigma_r > 75$ *daN/mm²* acesta se măreşte la *130°...140°*, iar pentru materiale mai moi, de asemenea se măreşte la *135°...140°*. Pe baza experienţei de producţie, valorile optime ale acestui unghi depind în cea mai mare măsură (tabelul 4.2) de materialul de prelucrat şi de modul de prelucrare.

c3. Unghiul de aşezare optim, considerat la diametrul exterior al burghiului are valori între 8° şi 14°. Valorile mai mari ale unghiului α sunt recomandate la burghie cu diametre mici (tabelul 4.3) sau la prelucrarea materialelor mai puţin dure. Mărirea

exagerată a unghiului α nu duce la micşorarea sensibilă a momentului şi forţei axiale la găurire, în schimb determină micşorarea rezistenţei mecanice şi capacităţii termice a tăişurilor, cu efect negativ asupra durabilităţii.

Prin ascuţirea feţelor de aşezare trebuie să se realizeze o mărire accentuată a unghiului de aşezare constructiv spre miezul burghiului, în două scopuri:

- compensarea în imediata apropiere a axei burghiului a micşorării unghiului de aşezare efectiv α_e datorită valorilor mari ale unghiului θ;
- mărirea unghiului de degajare în zona tăişului transversal, în care $\gamma_t \approx -90° + \alpha_t$ (fig.4.2).

c4. Unghiul de înclinare optim al tăişului transversal are valoarea recomandată în standarde $50°...56°$ pentru toate burghiele, indiferent de materialul supus prelucrării. Practic mărimea lui depinde de modul de ascuţire a feţelor de aşezare: valori mai mari ($60°...70°$) obţinute la ascuţirea conică conduc la tăişuri transversale scurte, dar cu γ_t puternic negativ, iar valorile mici ($40°...50°$) care se obţin prin ascuţire elicoidală conduc la tăişuri transversale mai lungi, cu unghiuri de degajare mai mari şi corespunzator forţe şi momente de aşchiere mai mici.

d. Elementele constructive ale burghielor elicoidale (fig. 4.6) sunt în principal diametrul exterior, lungimea părţii active, diametrul miezului, lăţimea faţetelor, diametrul spatelui dinţilor, profilul şi dimensiunile canalelor pentru evacuarea aşchiilor, forma şi dimensiunile cozii burghiului.

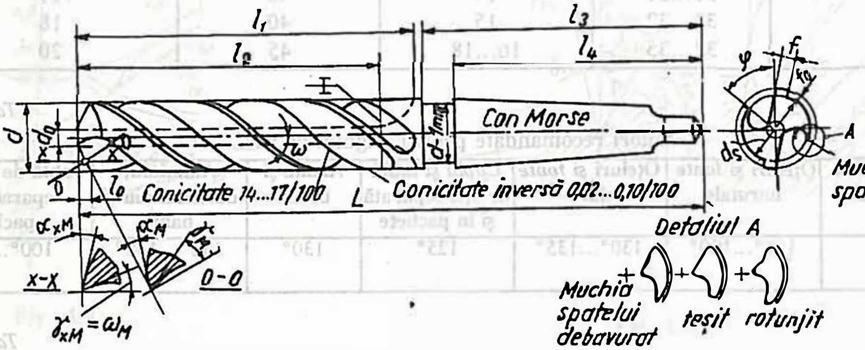


Fig. 4.6

d1. Diametrul exterior al burghiului se ia egal cu diametrul nominal al găurii de prelucrat prevăzând abaterea superioară zero şi abaterea inferioară negativă, conform tabelului 4.4.

Pentru reducerea frecării faţetelor cu suprafaţa prelucrată se execută o conicitate inversă, cu valori diferite, după diametrul burghiului (tabelul 4.4).

Conicitatea inversă se poate realiza la burghiele cu coada cilindrică în două variante: burghiul se execută cu conicitate inversă constantă de la vârf până la extremitatea cozii sau burghiul se execută cu conicitate inversă numai la partea activă (pe faţete), iar coada se execută cilindrică, cu diametrul minim al faţetelor (execuţia normală).

d2. Diametrul spatelui dinţilor d_s se determină în funcţie de diametrul exterior prin

relaţia: $d_S = d - 2f_o$, în care f_o este înălţimea faţetei elicoidale f şi are următoarele valori: $f_o = 0{,}05\ d$ pentru diametre până la *10 mm*; $f_o = (0{,}045...0{,}37)\ d$ pentru diametre cuprinse între *10* şi *20 mm*; $f_0 = (0{,}037...0{,}03)\ d$ pentru diametre cuprinse între *20* şi *35 mm*; $f_0 = 1{,}25$ *mm* pentru diametre peste *35 mm*.

Tabelul 4.4

Valorile abaterilor limită la diametrul *d* al burghielor

Diametrul burghiului d [mm]	Clasa de precizie	
	A	B
	Abaterea [mm]	Abaterea [mm]
0,25...0,5	-	-0,010
0,5...-0.75	-0,009	-0,015
0,75...1,0	-0,011	-0,020
1,0...3,0	-0,014	-0,025
3,0...6,0	-0,018	-0,030
6,0...10	-0,022	-0,036
10...18	-0,027	-0,043
18...30	-0,033	-0,052
30...50	-0,039	-0,062
50...80	-0,046	-0,084

d3. Lungimea părţii active a burghiului l_l trebuie să fie mai mare ca adâncimea găurii de prelucrat, pentru a se putea evacua aşchiile. Se recomandă în mod normal ca lungimea părţii active să fie egală cu adâncimea găurii de prelucrat plus de trei ori diametrul burghiului. Se admite ca lungimea părţii active să fie mai mare *(10...20) d* în cazul burghielor care lucrează montate în capete multiaxe, cu bucşse de ghidare etc.

d4. Lungimea totală a burghielor elicoidale *L* este impusă de diferite condiţii de lucru posibile, pentru o utilizare universală şi are valori mari, care duc la micşorarea rigidităţii şi performanţelor, existând pericolul ruperii.

În fabricaţia de serie şi masă există tendinţa de a se folosi burghie cu lungime mică, mai rigide şi mai sigure, care pot fi exploatate la regimuri intensive.

d5. Faţetele elicoidale *f* asigură burghielor elicoidale o bună ghidare şi stabilitate în lucru şi de asemenea contribuie la mărirea preciziei găurilor prelucrate. Dimensiunile mari ale faţetelor pot conduce la intensificarea frecărilor, apariţia depunerilor şi uzura prematură a faţetelor. Micşorarea lăţimii faţetelor determină mărirea presiunii de contact şi intensificarea corespunzătoare a uzurii. Valorile recomandate pentru lăţimea faţetelor (STAS R 1370-74) sunt conform rapoartelor următoare:

f/D = 0,2...0,1 pentru burghie cu d = 1...13 mm;

f/D = 0,1...0,07 pentru burghie cu d = 13...40 mm;

f/D = 0,07...0,045 pentru burghie cu d = 40...80 mm.

d6. Diametrul miezului burghiului d_0 se stabileşte în funcţie de diametrul exterior, ca o parte din acesta, raportul d_0 / d fiind mai mare la burghiele de diametre mici, pentru mărirea rezistenţei lor. Pentru proiectare se recomandă determinarea diametrului miezului (STAS R 1370-74) folosind rapoartele:

d_0/d = 0,28...0,2 pentru burghie cu d = 0,5...2 mm;

d_0/d = 0,18...0,16 pentru burghie cu d = 2...15 mm;

d_0/d = 0,16...0,14 pentru burghie cu d = 15...80 mm.

Diametrul miezului burghiului se măreşte spre coada burghiului pentru mărirea

rezistenţei, rezultând o conicitate de 1,4...1,8 mm pe lungimea de 100 mm.

d7. Profilul canalelor pentru evacuarea aşchiilor se stabileşte pe baza următoarelor criterii: asigurarea rezistenţei şi rigidităţii necesare burghiului; realizarea unor spaţii suficiente pentru cuprinderea şi evacuarea aşchiilor; asigurarea formei rectilinii a tăişurilor principale pentru o valoare dată a unghiului $\varkappa$. De asemenea determinarea grafică şi analitică a profilului frezei cu care se execută canalul fiind greoaie, în practică se utilizează un calcul simplu bazat pe coeficienţi, prin care se iau în considerare influenţele diferiţilor factori ca unghiul de atac, grosimea miezului, diametrul frezei.Se obţine un profil (fig. 4.7) în care elementele constructive au următoarele mărimi:

$$R_1 = C_R\, d\ ;\ C_R = C_\varkappa\, C_d\, C_f\,.$$

Coeficienţii $C_\varkappa$, C_d şi C_f se determină cu expresiile:

$$C = 0{,}026[(2\varkappa)^{1,33} / \omega];\ C_d = (0{,}14\, d / d_0)^{0,044};\ C_f = [(13\, d^{1/2}) / D_f]^{(0,9/\omega)}.$$

în care: $2\varkappa$ şi ω sunt măsurate în grade; D_f este diametrul frezei în mm; d - diametrul burghiului în mm; d_0 - diametrul miezului burghiului, în mm.

Dacă se ia d_0/d= 0,4 se obţine $C_d = 1$, iar atunci când $D_f = 13\, d^{1/2}$ se obţine $C_f = 1$.

Raza R_2 se determină folosind relaţia: $R_2 = 0{,}015\, \omega^{0,75}\, d$. Lăţimea frezei B se determină cu expresia: $B = R_1 + R_2 / \cos\varphi$. Înălţimea profilului dinţilor frezei este:$H = (R_1 - R_2) \cos\varphi + R_2$. Deoarece unghiul φ este mic ($\varphi = 10°$) se poate considera: $B \approx R_1 + R_2$ şi $H \approx R_1$.

Muchia spatelui dintelui este de obicei numai debavurată. Teşirea sau rotunjirea ei (fig. 4.6) uşurează transportul şi evacuarea aşchiilor şi se recomandă la burghiele pentru prelucrarea aliajelor care dau aşchii lungi, pentru materiale sintetice moi, la burghiele pentru maşini automate.

d8. Partea de fixare sau coada burghielor elicoidale (fig. 4.1) poate fi cilindrică cu sau fără antrenor sau conică.

Coada cilindrică se foloseşte la burghiele cu diametre mici, $d < 20$ mm; în cazul burghielor cu parte activă scurtă, pentru maşini automate se poate utiliza coada cilindrică până la diametrul de 30 mm. Coada cilindrică permite fixarea burghiului în mandrine universale sau în bucşe elastice, cu avantajul reglării uşoare în direcţie axială. Diametrul cozii se realizează egal cu cel al burghiului.

Coada conică se foloseşte la burghie cu diametre medii şi mari, uzual pentru $d > 10$ mm, în STAS 575-80 fiind prevăzută însă până la $d = 3$ mm. Coada conică permite fixarea direct sau prin bucşă de reducţie în arborele maşinii-unelte, o poziţionare precisă dar fară posibilitatea reglării axiale.

e. Ascuţirea burghielor elicoidale constă în generarea suprafeţelor de aşezare cu realizarea următoarelor conditii:

- unghiul de aşezare descrescător de la $20°...28°$ la miezul burghiului la $6°...14°$ la diametrul exterior;
- geometrie convenabilă în zona tăişului transversal;
- rugozitate mică a suprafeţelor de aşezare.

După forma suprafeţelor de aşezare obţinute, metodele de ascuţire mai răspândite în practică sunt: ascuţirea conică şi varianta ei ascuţirea cilindrică; ascuţirea elicoidală; ascuţirea dublu plană; ascuţirea cilindro-eliptică.

Metodele pentru îmbunătăţirea geometriei părţii aşchietoare au în vedere micşorarea tăişului transversal, micşorarea faţetelor în apropierea părţii aşchietoare, corectarea unghiului de degajare, realizarea de condiţii pentru fragmentarea aşchiilor, mărirea

durabilităţii burghielor prin ascuţire cu două sau mai multe unghiuri de atac etc.

Burghiele elicoidale cu diametre $d = 0,2...80\ mm$, de diferite forme constructive, cu diferite lungimi, pentru uz general sau speciale, cu partea activă din oţel rapid sau carburi metalice sunt standardizate. De asemenea sunt normalizate principalele elemente constructive şi parametrii geometrici ai părţii aşchietoare, precum şi principalele tipuri de ascuţiri (STAS R 1370-74).

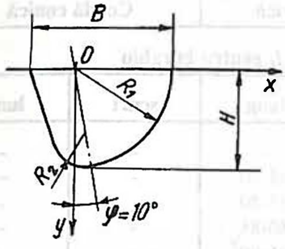


Fig. 4.7

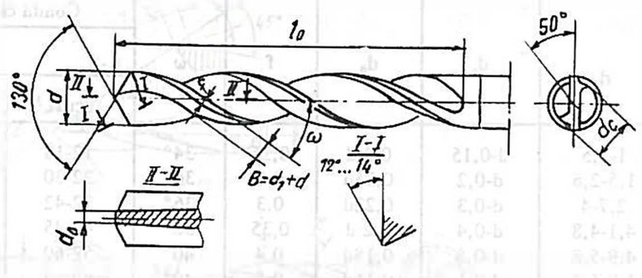


Fig. 4.8

În paragrafele următoare se prezintă câteva tipuri de construcţii speciale sau metode de ascuţire pentru burghiele elicoidale.

4.1.2. Burghie pentru prelucrarea aliajelor uşoare

La găurirea aliajelor de aluminiu burghiele se uzează din cauza lipirii aşchiilor pe partea aşchietoare. Acest fenomen este caracteristic pentru burghiele standardizate, cu unghiul $\omega = 19°...30°$, chiar şi pentru burghiele cu canale rectificate. Pentru găurirea aliajelor uşoare se recomandă burghie cu $\omega = 34°...40°$ şi $2\varkappa = 130°...140°$, (fig. 4.8), cu canale de evacuare a aşchiilor largi, care permit mărirea unghiului de degajare axial γ_x, datorită căruia aşchiile se deformează mai puţin şi se deplasează mai uşor, fără să înfunde canalele. La găurirea cu burghie având $\omega = 40°$ se micşorează forţa axială (până la 2,5 ori) şi momentul de torsiune (până la 1,4 ori) faţă de cele pentru burghie cu $\omega = 30°$.

Durabilitatea acestor burghie este de 1,5...2 ori mai mare decât a celor standardizate. Aşchiile se îndepartează uşor, ceea ce permite să se prelucreze găuri de adâncimi mai mari direct, fără retragerea burghiului. Rectificarea canalelor pentru aşchii, de asemenea, îmbunatăţeşte conditiile de îndepărtare a aşchiilor.

Parametrii geometrici ai burghielor pentru prelucrarea aliajelor uşoare sunt prezentaţi în tabelul 4.5.

4.1.3. Burghie pentru prelucrarea maselor plastice

La găurirea pieselor din mase plastice se recomandă ca în locul burghielor standardizate să se utilizeze burghie îngrijit rectificate şi cromate. Ascuţirea lor urmează să se facă pe suprafeţele de aşezare şi pe faţete. Micşorarea încălzirii burghiului şi semifabricatului în procesul de aşchiere se face prin ascuţirea suplimentară a faţetelor la

f = 0,3...0,5 mm pe lungimea de găurire şi micşorarea tăişului transversal până la $0,1 \cdot d$.

Forma ascuţirii burghielor speciale (fig. 4.9,*a*) şi a reascuţirii burghielor standardizate (fig. 4.9,*b,c*) depinde de proprietăţile masei plastice de prelucrat şi de materialul părţii aşchietoare a burghiului. Unghiurile de vârf recomandate pentru diferite cazuri sunt conform tabelului 4.6.

Tabelul 4.5

Elemente geometrice şi constructive ale burghielor pentru aliaje uşoare

d	d_1	d_0	f	ω	Coadă cilindrică		Coadă conică	
					l_0 pentru burghiu			
					scurt	lung	scurt	lung
1-1,5	d-0,15	0,3 d	0,25	34°	12-18	-	-	-
1,5-2,6	d-0,2	0,25d	0,3	36°	22-30	55-60	-	-
2,7-4	d-0,3	0,22d	0,3	36°	32-42	65-80	-	-
4,1-4,8	d-0,4	0,2 d	0,35	38°	42-45	80-85	-	-
4,9-5,8	d-0,5	0,18d	0,4	40°	52-60	85-90	-	-
5,9-6,3	d-0,6	0,16d	0,5	40°	60-65	90-100	60-65	145-150
6,4-12	d-0,7	0,15d	0,6	40°	65-100	100-135	70-95	155-175
12,5-14	d-0,8	0,14d	0,7	40°	-	-	100-110	180-185
14,3-16,5	d-0,9	0,14d	0,8	40°	-	-	115-125	190-200
17-21	d-1,3	0,13d	1,0	40°	-	-	130-140	205-220
21-23	d-1,5	0,12d	1,4	40°	-	-	145-155	230-240
23-30	d-2,0	0,12d	1,8	40°	-	-	155-175	240-275

Notă: 1. Îngroşarea miezului d_0 este cu 1,4 ... 1,8 mm la 100 mm lungime; 2. Coada este con Morse nr. 1 pentru d = 6 ... 14 mm, con Morse nr. 2 pentru d = 14,3 ... 23 mm şi con Morse nr. 3 pentru d = 23 ... 30 mm.

Tabelul 4.6

Unghiurile la vârf la burghie pentru mase plastice

Tipul de ascuţire	Unghiul de vârf 2ϰ	Materialul părţii aşchietoare	Masă plastică
1 2	30...35 50... 60	Rp 3 K 20	Casantă
3 4	35... 50 60... 70	Rp 3 K 20	Fibroasă
5 6	70... 80 90...100	Rp 3 K 20	Stratificată
7	120...130	Rp3 sau K20	Diferite

Unghiul de înclinare a canalelor elicoidale se ia în limitele 10°...15°, care asigură evacuarea bună a aşchiilor la prelucrarea găurilor cu adâncimi până la $2d$. În ceea ce priveşte unghiul de atac, rezultate satisfăcătoare la prelucrarea găurilor adânci se obţin în cazul ascuţirii cu 2ϰ = 90°. Găurirea pieselor cu pereţi subţiri, bucşe, plăci sau foi, se recomandă a se executa cu burghie cu unghi 2ϰ = 55°...60°.

Dimensiunile burghielor din oţel rapid (fig. 4.10) pentru mase plastice sunt

prezentate în tabelul 4.7.

Găurile semifabricatelor din mase plastice stratificate, cu proprietăţi abrazive ce prelucrează cu burghie cu plăcuţe din carburi metalice (fig. 4.11). Aceste burghie se recomandă în mod deosebit la prelucrarea maselor plastice pe maşini automate şi semiautomate şi cu dimensiuni conform tabelului 4.8.

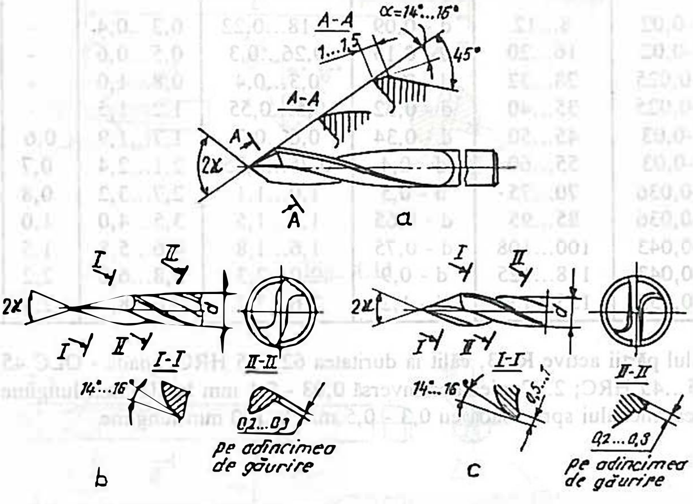


Fig. 4.9

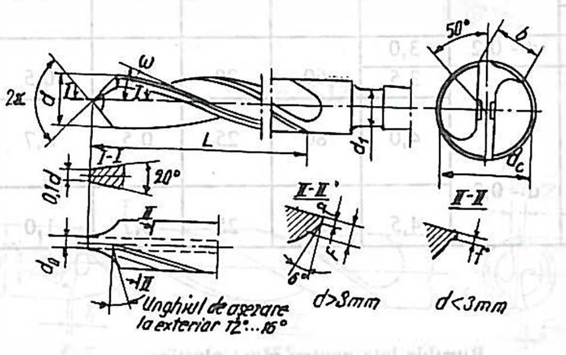


Fig. 4.10

La prelucrarea găurilor cu adâncimi (1,5...2)d în mase plastice fragile, sfărâmicioase, se recomandă utilizarea unor burghie late speciale (fig. 4.12), ale căror dimensiuni sunt prezentate în tabelul 4.9.

Stabilirea diametrului nominal al burghielor pentru prelucrarea maselor plastice se face ţinând seama de contracţia materialului; pentru compensarea acesteia se recomandă mărirea diametrului cu 0,1 mm.

În condiţiile producţiei de serie mare şi de masă, pentru prelucrarea găurilor cu adâncimi mai mari decât d, se recomandă utilizarea burghielor elicoidale cu plăcuţe din

carburi metalice (STAS 9128-86), ascuţite la geometria corespunzătoare.

Tabelul 4.7

Dimensiunile burghielor din oţel rapid pentru mase plastice

d		l	d_1	d_o	b	F	$f_{-0,1}$	$\omega^{+2°}$
nominal	abateri							
0,5...0,8	-0,02	8...12	d - 0,09	0,18...0,22	0,3...0,4	-	0,2	8°
0,85...1,5	-0,02	16...20	d - 0,15	0,26...0,3	0,5...0,6	-	0,2	8°
1,6...2,5	-0,025	28...32	d - 0,18	0,3...0,4	0,8...1,0	-	0,3	10°
2,6...3,5	-0,025	35...40	d - 0,32	0,5...0,55	1,2...1,5	-	0,3	10°
3,6...4,5	-0,03	45...50	d - 0,34	0,6...0,7	1,7...1,9	0,6	0,3	12°
4,8...6,0	-0,03	55...60	d - 0,4	0,75...0,85	2,1...2,4	0,7	0,4	12°
6,1...7,9	-0,036	70...75	d - 0,5	1,0...1,1	2,7...3,2	0,8	0,4	12°
8,0...10	-0,036	85...95	d - 0,65	1,3...1,5	3,5...4,0	1,0	0,5	12°
10,1...12,8	-0,043	100...108	d - 0,75	1,6...1,8	4,6...5,8	1,5	0,8	15°
13,0...16,6	-0,043	118...125	d - 0,9	2,0...2,3	5,8...6,8	2,2	1,0	15°
17...20	-0,052	135...150	d - 1,2	2,6...3,2	7,6...8,8	2,4	1,2	15°

Notă: 1. Materialul părţii active Rp 3, călit la duritatea 62...65 HRC; coada - OLC 45 cu duritatea 35...45 HRC; 2. Conicitatea inversă 0,08 - 0,1 mm la 100 mm lungime; 3. Îngroşarea miezului spre coadă cu 0,3 - 0,5 mm la 100 mm lungime

Tabelul 4.8

Burghie pentru mase plastice stratificate

d		d_c	d_1	L	l	f	d_o	Plăcuţa	
nominal	abateri							t	s
5...6,1	-0,030	d - 0,2	3,0					6,0	1,0
6,2...6,9			3,5	60	20	0,3	0,5	6,3	1,2
7...7,9								7,1	1,6
8...9	-0,036		4,0	80	25	0,5	0,7	8,0	2,0
9,1...10		d - 0,3						8,5	2,0
10,1...11	-0,043		4,5	80	25	0,7	1,0	9,5	2,2

Tabelul 4.9

Burghie late pentru mase plastice.

d	L	l	l_1	b	d_o	R	f
1,00-2,0	40	10-15	3- 6	0,5-0,8	0,2-0,3	10-20	0,1
2,05-3,0	50	20-25	7-10	0,8-1,0	0,3-0,4	25-35	0,2
3,10-5,0	55	30	14	1,2-1,5	0,5-0,6	40-50	0,2
5,10-7,5	60	35	20	2,0-2,2	0,7-0,8	55-60	0,2
7,60-9,5	70	42	20-25	2,5-3,0	0,9-1,1	65-80	0,3
9,70-12	85	50	25-32	3,5-4,5	1,2-1,5	80-100	0,3

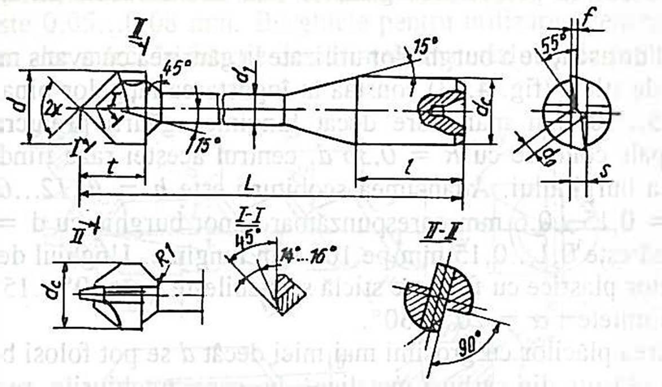


Fig. 4.11

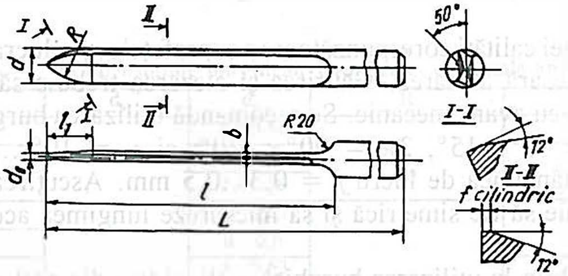


Fig. 4.12

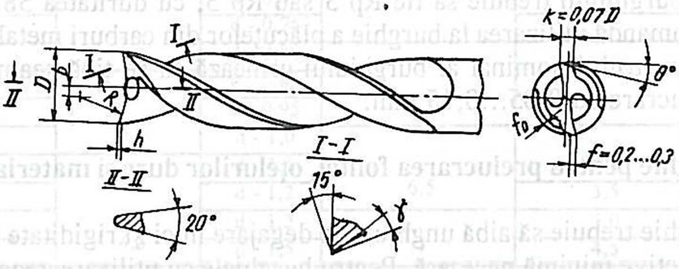


Fig. 4.13

La prelucrarea materialelor plastice cu inserţie de fibră de sticlă, cea mai mică intensitate a uzurii se produce la burghiele cu două unghiuri de vârf $2\varkappa = 60°...80°$ şi $2\varkappa_1 = 35°$, care de asemenea dau o calitate bună a găurii prelucrate.

Unghiul $\omega = 10°...15°$ contribuie la evacuarea normală a aşchiilor la găurire pe

adâncimi pâna la *2d*; la prelucrarea găurilor mai adânci decât *2d* unghiul ω se ia 15°...20°.

O altă formă de ascuţire a burghielor utilizate la găurirea cu avans mecanic a maselor plastice cu fibre de sticlă (fig. 4.13) constăa în îngustarea faţetelor pina la *0,2...0,3 mm* pe lungime cu 5...10 mm mai mare decât lungimea găurii prelucrate şi realizarea muchiilor principale concave cu $R = 0{,}36\ d$, centrul acestei raze fiind la distanţa $b = 0{,}17d$ faţă de axa burghiului. Adâncimea scobiturii este $h = (0{,}12...0.16)d$, înalţimea faţetelor este f_0 = 0.15...0.6 mm corespunzătoare unor burghie cu d = 5...20 mm, iar conicitatea inversă este 0,1...0,15 mm pe 100 mm lungime. Unghiul de degajare pentru prelucrarea maselor plastice cu fibră de sticlă se stabileşte γ = 10°...15°, iar unghiul de aşezare se ia în limitele α = 20°...30°.

Pentru găurirea plăcilor cu grosimi mai mici decât *d* se pot folosi burghie cu canale drepte armate cu plăcuţe din carburi metalice, la care unghiurile recomandate sunt: $2\varkappa$ = 90°; α = 20° si γ = 10 °. Găurile cu diametre 2...10 mm se prelucrează cel mai bine cu burghie monobloc din carburi metalice, grupele de utilizare *K 10, K 20.*

4.1.4. Burghie pentru prelucrarea sticlei organice

Pentru asigurarea unei calităţi corespunzătoare a suprafeţelor prelucrate după găurirea sticlei organice este necesară alezarea. Găurirea şi alezarea trebuie să se realizeze pe maşini de găurit şi alezat cu avans mecanic. Se recomandă utilizarea burghielor cu canale lărgite cu unghiuri ω = 10°...15°, $2\varkappa$ = 90°...110°, şi α = 10°...15°, iar lăţimea faţetelor cilindrice pe adâncimea de lucru f = 0,3...0,5 mm. Ascuţirea suplimentară a tăişului transversal trebuie să fie simetrică şi să micşoreze lungimea acestuia de 2...2.5 ori.

Rezultate bune se obţin la utilizarea burghielor elicoidale din oţel rapid ascuţite cu două unghiuri de vârf $2\varkappa$ = 115°...120° si $2\varkappa_1$ = 70°...80°. La calitatea suprafeţelor prelucrate contribuie şi simetria tăişurilor principale. De asemenea se recomandă netezirea feţelor de aşezare şi rectificarea canalelor pentru conducerea aşchiilor.

Materialul burghiului trebuie să fie Rp 3 sau Rp 5, cu duritatea 58...65 HRC. De asemenea se recomandă utilizarea la burghie a plăcuţelor din carburi metalice *K 10, K 20.* La stabilirea diametrului nominal al burghiului urmează să se ţină seamă de contracţia găurii după prelucrare cu 0,05...0,15 mm.

4.1.5. Burghie pentru prelucrarea fontei, oţelurilor dure şi materialelor ceramice

Aceste burghie trebuie să aibă unghiuri de degajare mici şi rigiditate mare, respectiv lungimea părţii active minimă necesară. Pentru burghiele cu utilizare generală elementele geometrice şi constructive sunt conform STAS 9128-86. Lungimea părţii active a burghielor care lucrează fără bucşă de ghidare se stabileşte cu relaţia:
$l = l_0 + (1{,}5...2)d$, în care l_0 este adâncimea de găurire, iar $(1{,}5...2)d$ este rezerva de reascuţire a burghiului.

La prelucrarea cu bucşe de ghidare lungimea părţii active a burghiului trebuie să fie corelată cu lungimea bucşei şi distanţa dintre aceasta şi suprafaţa semifabricatului. Miezul burghiului trebuie să se îngroaşe de la partea aşchietoare spre coadă cu 1,4...1,8 mm la 100 mm lungime. Pentru burghie cu diametre 5...10 mm conicitatea inversă pe

lungimea plăcuţei aşchietoare este 0,03...0,05 mm, iar pentru burghie cu diametre de peste 10 mm este 0,05...0,08 mm. Burghiele pentru utilizarea generală se armează cu placute *K 20* sau alte mărci în funcţie de cerinţele materialului de prelucrat.

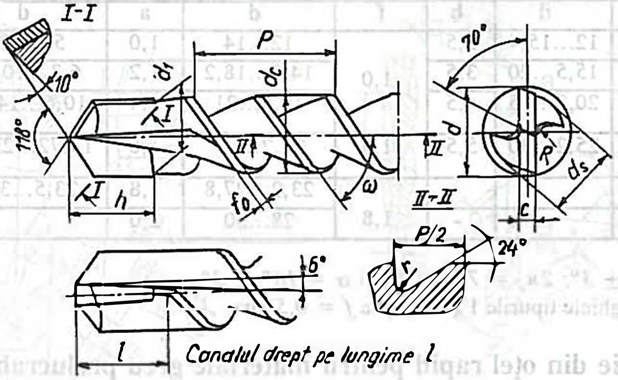


Fig. 4.14

Tabelul 4.10

Dimensiunile burghielor cu plăcuţe, cu canale abrupte

d	d_0	d_s	R	r	l
6,0...6,5		d - 0,46		0,9	9
6,6...7,0		d - 0,51			10
7,1...7,5		d - 0,54	2	1,0	
7,6...8,0		d - 0,57			11
8,1...8,5		d - 0,6		1,2	
8,6...9,0		d - 0,63			12
9,1...9,5	2,0	d - 0,65	2,5	1,4	
9,6...10		d - 0,65			14
10,1...11		d - 0,68	3	1,6	15
11,2...12		d - 0,70	4	2,0	17
12,1...13		d - 0,70			18
13,2...14		d - 0,75		2,2	20
14,3...15	2,5	d - 0,80			21
15,1...16		d - 0,85			23
16,2...17		d - 0,95	4,5	2,5	24
17,1...19	3,5	d - 1,0			26
19,1...22		d - 1,1		3,0	30
22,3...25		d - 1,2	6,5	3,5	30
25,3...28		d - 1,3		4,0	33
28,1...30	4,5	d - 1,5	7	4,5	33

Burghiele construite cu unghiul de înclinare al canalelor elicoidale ω = 15°...20° se folosesc pentru găurirea pe adâncimi până la 5*d*. Pentru adâncimi mai mari se recomandă burghiele cu unghiul canalelor elicoidale ω = 60° (fig. 4.14.) având dimensiuni conform tabelului 4.10.

Formele de ascuţire ale burghielor cu plăcuţe din carburi metalice destinate prelucrării fontei, oţelurilor dure, materialelor ceramice (fig. 4.15) şi parametrii geometrici sunt prevăzuţi în tabelul 4.11.

Tabelul 4.11

Elemente constructive ale burghielor cu placuţe din carburi metalice

Tipul burghiului									
I şi II		III şi IV			IV		V		
d	a	d	b	f	d	a	d	n	f
5...6	0,6	12...15,4	2,5		12...14	1,0	5...6,2	1,0	
6,1...6,9	0,64	15,5...20	3,5	1,0	14,2...18,2	1,2	6,3...10,5	1,5	0,5
7,0...7,9	0,72	20,2...25	4,5		18,5...21	1,4	10,6...14,6	2,0	
8,0...10	0,8	25,2...30	5,5	1,5	21,2...23	1,6	14,72...23,4	2,5	1,0
					23,2...27,8	1,8	23,5...30	3,0	
10,1...12	1,0	-	-	1,8	28...30	2,0			1,5

Nota: 1. $2\varkappa = 118° \pm 3°$; $2\varkappa_o = 70° + 5°$ şi $\alpha = 16° \pm 3°$;
2. Pentru burghiele tipurile I şi II faţeta $f = 0,5$ *mm.*

4.1.6. Burghie din oţel rapid pentru materiale greu prelucrabile

Burghiele pentru găurirea în oţeluri refractare, inoxidabile şi alte aliaje cu rezistenţă şi tenacitate mărite trebuie să aibă o înaltă rigiditate şi durabilitate în comparaţie cu cele standardizate. Partea activă se construieşte cu lungime micşorată, cu miez de grosime mare *(0,3...0,4)d*. Tăişurile se dispun la distanţă minimă de axa burghiului, ceea ce îi măreşte durabilitatea. Parametrii geometrici şi constructivi ai acestor burghie (fig. 4.16) sunt prezentaţi în tabelul 4.12.

Tabelul 4.12

Parametrii ascuţirii burghielor din carburi metalice

Material prelucrat	$2\varkappa°$	$\alpha°$
Oţeluri călite	130	8 ... 10
Oţeluri inoxidabile şi refractare	130	12 ... 14
Tablă în pachete până la 3 mm	85	8 ... 10
Tablă în pachete peste 3 mm	150	8 ... 10

Oţelurile rapide utilizate pentru aceste burghie trebuie să aibă calităţi aşchietoare foarte bune mai ales stabilitate termică şi rezistenţă la uzură; se recomandă folosirea Rp 1, Rp 2, Rp 3. Duritatea lor după tratamentul termic trebuie să fie 65...68 HRC. După rectificare, ascuţire şi netezire se execută o revenire suplimentară la 430...450°C cu menţinere 50...60 min. Rugozitatea suprafeţelor netezite trebuie să fie în limitele Ra = 0,4...0,8 μm.

Burghiele pentru prelucrarea găurilor cu adâncimi mai mari decât *5d* se construiesc cu patru faţete de ghidare, iar pentru mai puţin de *5d*, cu două faţete. Pentru prelucrarea găurilor adânci cu diametre 4...12 mm în oţeluri aliate cu Cr, Ni, Ti se recomandă burghie speciale rigide şi cu canale prin care să treacă uşor aşchiile (fig. 4.17). Partea activă a acestora se construieşte din oţel rapid Rp3, diametrul miezului d_0 = (0,25...0,30)*d*, micşorat spre coadă cu 0.5...0.8 mm pe 100 mm lungime, $\omega = 35°$, f = (0,15...0,20)*d* si $2\varkappa = 120°$.

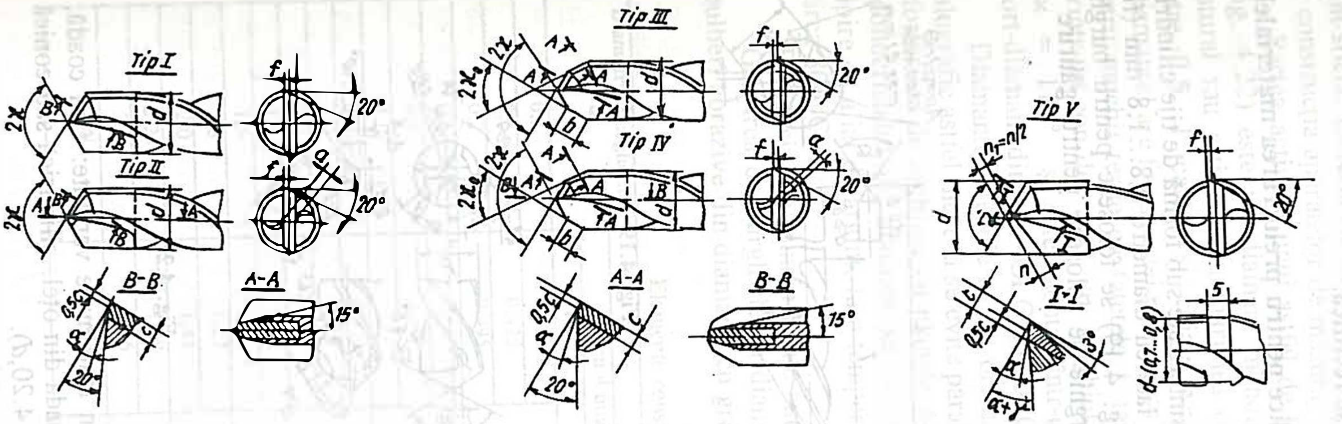


Fig. 4.15

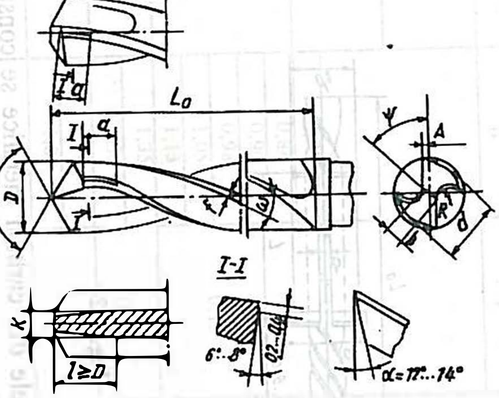


Fig. 4.16

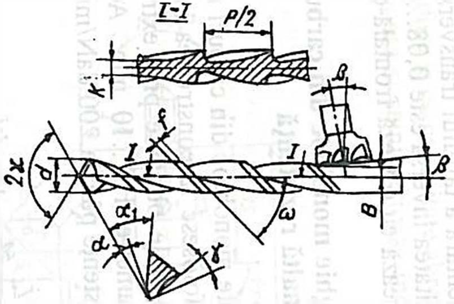


Fig. 4.17

Feţele de aşezare se ascut dublu plan cu unghiurile $\alpha = 8°$ şi $\alpha_1 = 21°$. La ascuţirea suplimentară a tăişului transversal, pe faţa de degajare se realizează faţetele cu $\gamma = 10°$. Conicitatea inversă este 0,08...0,10 mm pe 100 mm lungime. Canalele pentru aşchii se prelucrează cu o freză frontală-conică şi se rectifică.

4.1.7. Burghie monobloc din carburi metalice pentru prelucrarea materialelor de înaltă rezistenţă

Semifabricate monobloc din carburi metalice sinterizate sub formă de tije cilindrice prin presare se folosesc la construirea burghielor late cu diametre 0,8...1,8 mm (fig. 4.18). Semifabricatele obţinute prin extrudare (fig. 4.19) se folosesc pentru burghie elicoidale cu diametre 1.5...10 mm. Aceste burghie se folosesc pentru găurire în materiale cu rezistenţe pânăla 200 daN/mm^2.

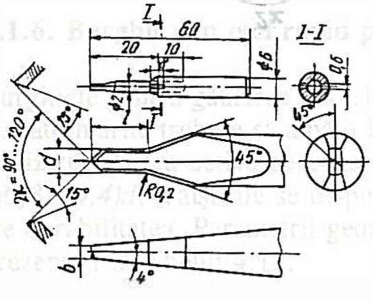


Fig. 4.18

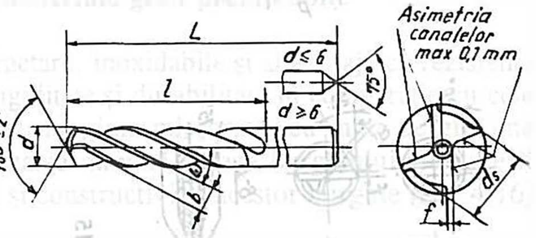


Fig. 4.19

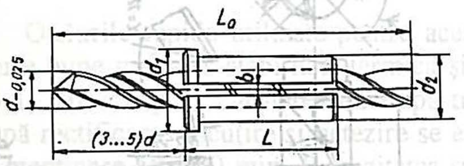


Fig. 4.20

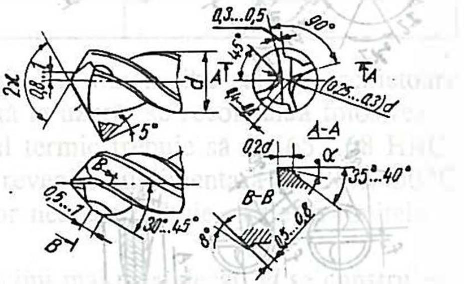


Fig. 4.21

Burghiele din carburi metalice se construiesc în mai multe variante: fară coadă, pentru prindere în bucşă elastică (fig. 4.20,*a*), cu coada din oţel, cilindrică sau conică (fig. 4.20,*b*,*c*) sau cu coada cu acelaşi diametru (fig. 4.20,*d*).

Formele de ascuţire recomandate pentru aceste burghie sunt prezentate în fig. 4.21, iar parametrii geometrici sunt daţi în tabelul 4.12.

4.1.8. Burghie cu diamant

Se folosesc la găurirea materialelor foarte dure şi cu capacitate abrazivă ridicată cum sunt sticla, materialele ceramice, pietrele preţioase şi semipreţioase industriale, folosite în construcţia aparatelor de măsură.

Partea activă a unui astfel de burghiu (fig. 4.22) este un diamant monocristalin natural sau artificial cu mărimea cuprinsă între 0.5...1 carate şi chiar mai mare. Diamantul are forma unei prisme, cu trei sau patru muchii teşite cu faţetele *f*, terminată printr-un con de atac cu unghiul la vârf $2\varkappa = 110°$ şi este montat într-un corp port-diamant din oţel (OLC 45, OLC 60).

Diamantul trebuie să fie orientat cristalografic astfel încât să se evite paralelismul eforturilor de aşchiere cu planele de clivaj. Monocristalul de diamant se fixează prin lipire cu aliaj de argint, la o temperatură de circa 800°C.

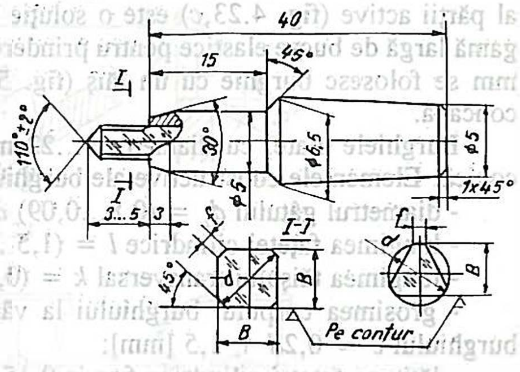


Fig. 4.22

Dimensiunile principale ale burghielor cu diamant sunt indicate în tabelul 4.13.

Găurirea cu burghiele cu diamant se face de cele mai multe ori în prezenţa unei pulberi abrazive din diamant, cu granulaţie micronică.

Tabelul 4.13

Elemente constructive ale burghielor cu diamant

Diametrul burghiului d	Forma diamantului				Masa diamantului (carate)
	cu 4 muchii		cu trei muchii		
	B	f	B	f	
0,5	0,353				
0,6	0,425				
0,7	0,495	0,05			
0,8	0,565				
0,9	0,635				0,41...0,60
1,0	0,71	0,1	0,75		
1,1	0,775		0,84		
1,2	0,85		0,90		
1,3	0,92		0,98		
1,4	0,99		1,05	0,15	0,61...0,85
1,5	1,1	0,15	1,13		
1,8	1,27		1,35		
2,0	1,41	0,25	1,50	0,25	
2,25	1,59		1,70		
2,5	1,76	0,3	1,88	0,3	
3,0	2,12	0,4	2,25	0,4	peste 0,85

4.1.9. Burghie late

Câteva construcţii de burghie late, utilizate pentru prelucrarea pieselor de mecanică fină sunt arătate în figura 4.23. Cel mai des folosit este burghiul cu coadă îngroşată (fig. 4.23,*a*), în construcţie lungă sau scurtă. Burghiul combinat (fig. 4.23,*b*) este format dintr-un burghiu şi un lărgitor. Burghiul lat cu coadă cilindrică de acelaşi diametru cu cel al părţii active (fig. 4.23,*c*) este o soluţie folosită din ce în ce mai puţin, necesitând o gamă largă de bucşe elastice pentru prindere. La diametre mici, cuprinse între 0.05...0.1 mm se folosesc burghie cu un tăiş (fig. 5.1,*d,e*) cu faţa de degajare plană, respectiv concavă.

Burghiele plate, cu diametre 4...22 mm (fig. 4.24) pot avea coadă cilindrică sau conică. Elementele constructive ale burghiului se calculează cu următoarele relaţii:

- diametrul gâtului d_l = (0,8...0,09) d [mm];
- lungimea faţetei cilindrice l = (1,5...2) d + (10...15) [mm];
- lungimea tăişului transversal k = (0,1...0,2) d [mm];
- grosimea corpului burghiului la vârf $b \approx 0{,}15d + 0{,}5$ [mm] iar spre gâtul burghiului $c \approx 0{,}2d + 1{,}5$ [mm];
- lăţimea faţetei cilindrice f se ia 0,15 mm pentru $d \leq 16$ mm şi 0,2 mm pentru $d > 16$ mm;
- lăţimea feţei de aşezare f_l se alege în funcţie de diametrul burghiului astfel:

d [mm]	8	8 - 12	13 - 16	16
f_1[mm]	0,5	0,7	0,9	1,1.

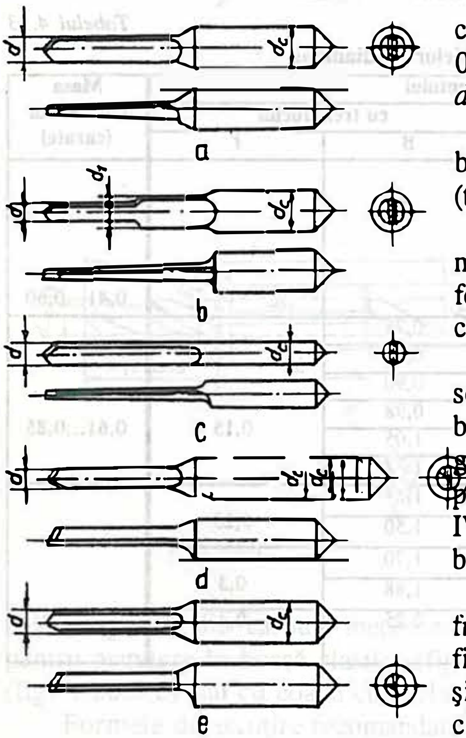


Fig. 4.23

Pentru burghie cu diametre până la 15 mm conicitatea inversă se obţine prin diferenţa $d - d_l$ = 0,05 mm, iar pentru diametre mai mari de 15 mm, $d - d_l$ = 0,1 mm.

Unghiul de virf $2\varkappa$ se stabileşte ca la burghiele elicoidale, după materialul de prelucrat (tabelul 4.1).

Burghie plate cu diametre mari, d = 25...128 mm. Partea activă a acestor burghie este de diferite forme (fig. 4.25) în funcţie de piesa de prelucrat şi condiţiile tehnologice.

Pentru găuri scurte şi înfundate în semifabricate de diferite materiale se recomandă burghiul de forma I cu unghiul de vârf $2\varkappa$; pentru găuri adânci se recomandă burghiele tip II şi III; pentru găuri în trepte burghiele combinate tipurile IV şi V, iar pentru găuri în semifabricate turnate burghiul tip VI cu plăcuţe din carburi metalice.

Burghiele plate se construiesc cu canale pentru fragmentarea aşchiilor (fig. 4.26), iar partea de fixare pe bara suport are doi umeri pentru centrare şi o gaură pentru strângere. Dimensiunile principale ale acestor burghie sunt date în tabelul 4.14.

Burghiele plate se fixează pe dornuri speciale

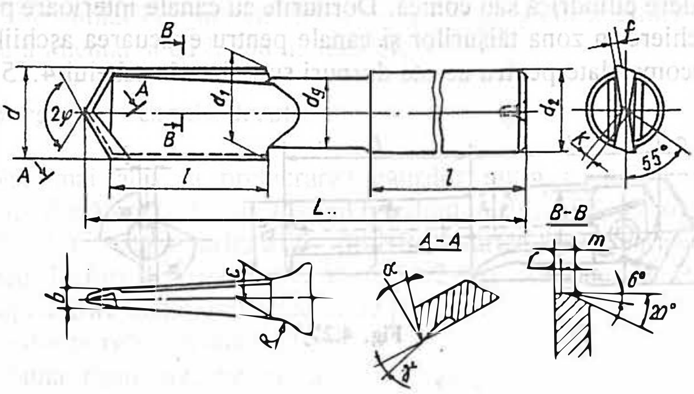


Fig. 4.24

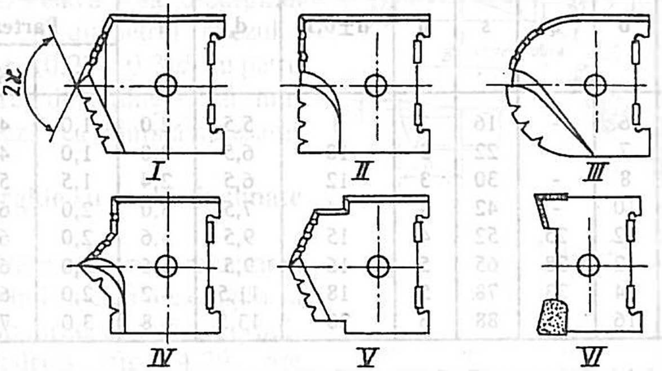


Fig. 4.25

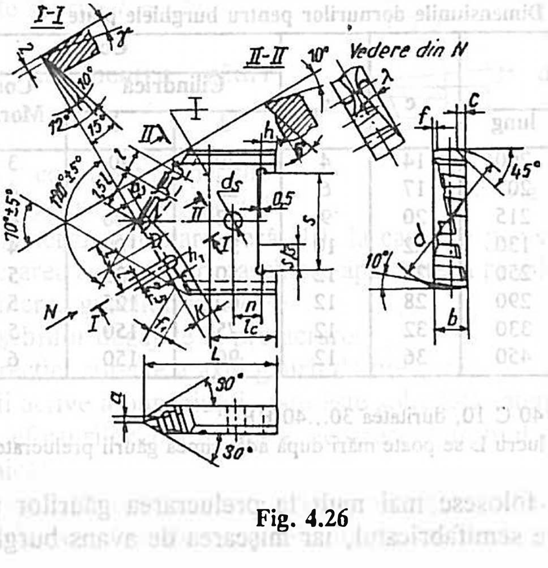


Fig. 4.26

cu parte de prindere cilindrică sau conică. Dornurile au canale interioare pentru aducerea lichidului de aşchiere în zona tăişurilor şi canale pentru evacuarea aşchiilor (fig. 4.27). Dimensiunile recomandate pentru aceste dornuri sunt date în tabelul 4.15.

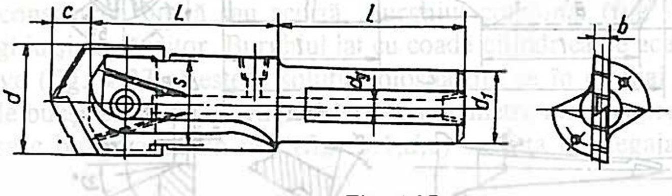


Fig. 4.27

Tabelul 4.14

Dimensiunile recomandate pentru construcţia burghielor plate

d	L	b	l_c	s	h	n±0,1	d_r	a	Partea aşchietoare			
									a_1	K	f	l
25-32	40	6	-	16	3	8	5,5	2,0	1,0	4,0	3	4
33-38	45	7	-	22	3	10	6,5	2,0	1,0	4,0	4	4
39-50	50	8	-	30	3	12	6,5	2,4	1,5	5,0	5	6
51-64	55	10	-	42	4	14	7,5	3,0	2,0	6,5	6	7
65-76	60	12	25	52	4	15	9,5	3,6	2,0	6,5	7	8
77-90	65	12	28	65	5	16	9,5	3,6	2,0	6,5	8	8
91-100	70	14	33	78	5	18	11,5	4,2	2,0	6,5	9	10
101-128	80	16	38	88	6	20	13,5	4,8	3,0	7,0	10	10

Notă: 1. Materialul părţii active Rp 3 (62 ... 65 HRC), partea de prindere OLC 45 (35 ... 45 HRC).
2. Conicitatea inversă 0°30'.

Tabelul 4.15

Dimensiunile dornurilor pentru burghiele plate

d	L		c	d_g	Coada			S	b
					Cilindrică		Con Morse		
	scurt	lung			d_1	l			
25...32	80	200	14	4	20	90	3	16	6
33...38	90	205	17	6	25	100	4	22	7
39...50	95	215	20	9	32	100	4	30	8
51...64	105	130	22	10	38	100	4	42	10
65...76	130	250	24	12	50	125	5	52	12
77...90	145	290	28	12	60	125	5	65	12
91...100	150	330	32	12	75	150	5	78	14
101...128	180	450	36	12	90	150	6	88	16

Notă: 1. Materialul dornului 40 C 10, duritatea 30...40 HRC;
2. Lungimea părţii de lucru L se poate mări după adâncimea găurii prelucrate.

Burghiele plate se folosesc mai mult la prelucrarea găurilor pe maşini la care mişcarea de rotaţie o are semifabricatul, iar mişcarea de avans burghiul. La maşini de

găurit se folosesc numai burghie cu coadă conică şi pe gâtul acestora se montează un colector pentru alimentarea cu lichid de aşchiere.

4.1.10. Burghie cu canale drepte

Se folosesc mai ales la prelucrarea găurilor puţin adânci (maximum *3d*) în semifabricate din fontă sau oţel călit. Corpul burghiului (fig. 4.28) se construieşte din oţel slab aliat (40 C 10, C 15) cu duritate 40...50 HRC. Partea aşchietoare este o plăcuţă din carburi metalice de formă specială (STAS 6373/2-80). Alegerea materialului plăcuţei depinde de proprietăţile materialului piesei de prelucrat.

Corpul acestor burghie trebuie să fie masiv, cu o bună rigiditate, pentru a evita apariţia vibraţiilor, aceasta fiind o condiţie de bază la găurirea cu tăişuri din carburi metalice. Pentru aceasta burghiul se construieşte cu diametrul miezului relativ mare, $d_o = (0{,}27...0{,}3)d$, cu patru faţete de ghidare, de lăţime *f*, iar lungimea se realizează cea minimă necesară.

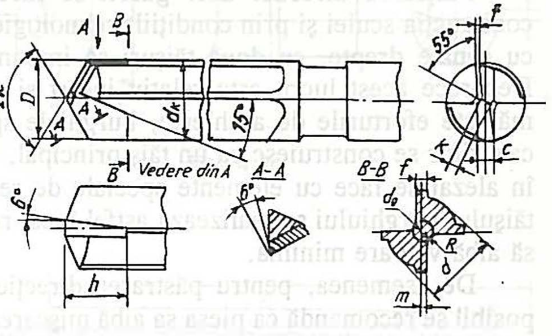


Fig. 4.28

4.1.11. Burghie cu canale înclinate

Se construiesc pentru prelucrarea găurilor de lungimi mici, de exemplu în semifabricate sub formă de table. Corpul, de formă cilindrică (fig. 4.29) are diametrul $d_c = d - (0{,}2...0{,}5)$ mm pentru a uşura rectificarea plăcuţei din carburi metalice la diametrul exterior. Canalele înclinate sunt foarte scurte, $l \approx 2d$.

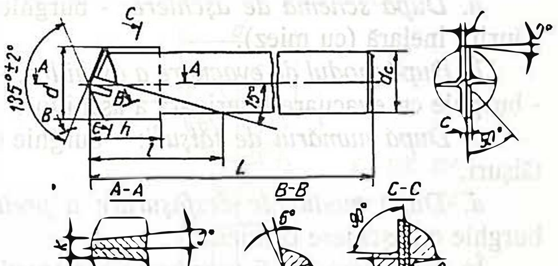


Fig. 4.29

4.1.12. Burghie pentru găuri adânci

Sunt scule de construcţii speciale destinate prelucrării găurilor cu raportul între lungime şi diametru mai mare decât 10, la care, în general găurirea este singura operaţie. La prelucrarea acestora prin aşchiere apar câteva probleme specifice, deosebite de cele de la burghierea găurilor scurte:

- evacuarea aşchiilor degajate la prelucrare;
- păstrarea direcţiei corecte a axei găurii de prelucrat;
- răcirea părţii active a burghiului, care este solicitată intens la găurirea adâncă;
- micşorarea eforturilor de aşchiere deoarece burghiul, de lungime mare, are rigiditate relativ mică.

Rezolvarea acestor probleme se face prin construcţia specială a burghiului, stabilirea regimurilor de aşchiere adecvate, calitatea maşinilor unelte, de asemenea specială.

Răcirea, ungerea burghiului şi eliminarea aşchiilor se face cu lichid sub presiune (10...35) daN/cm^2 adus în zona de lucru prin canale realizate în corpul burghiului. Pentru a obţine o calitate mai bună a suprafeţei găurii prelucrate se recomandă ca lichidul de aşchiere evacuat împreună cu aşchiile să nu vină în contact cu suprafaţa găurii.

Fragmentarea şi sfărâmarea aşchiilor sunt impuse de necesitatea evacuării lor continue, de către lichidul de aşchiere, evitarea blocării lor în canalele burghiului. Pentru aceasta tăişurile se realizează în trepte, cu praguri de sfărâmare, iar la prelucrare se stabilesc elementele regimului de aşchiere în funcţie de materialul prelucrat. Maşinile pentru găurire adâncă trebuie să aibă posibilitatea reglării continue a vitezei de aşchiere şi avansului sau cel puţin reglare în trepte a vitezei şi reglare continuă a avansului.

Păstrarea directiei axei găurii se face eliminând cauzele devierii acesteia prin construcţia sculei şi prin condiţiile tehnologice. În primul rând, la burghie elicoidale sau cu canale drepte, cu două tăişuri se impune ascuţirea corectă, simetrică a tăişurilor. Deoarece acest lucru este relativ incert şi pentru eliminarea tăişului transversal (care măreşte eforturile de aşchiere), burghiele speciale pentru găuri adânci, în majoritatea cazurilor se construiesc cu un tăiş principal, de obicei în trepte sau divizat, iar centrarea în alezaj se face cu elemente speciale de reazem sau de ghidare. Dispunerea treptelor tăişului burghiului se realizează astfel încât rezultanta forţelor pe direcţie normală la axă să aibă valoare minimă.

De asemenea, pentru păstrarea direcţiei axei teoretice a găurii, atunci când este posibil se recomandă ca piesa sa aibă mişcarea de rotatie, iar burghiul mişcarea de avans; cele mai bune rezultate se obţin când şi piesa şi scula au mişcare de rotaţie, în sensuri opuse.

Principalele tipuri de burghie speciale pentru găuri adânci se clasifică astfel:

a. După schema de aşchiere: - burghie pentru găurire din plin; - burghie pentru găurire inelară (cu miez).

b. După modul de evacuare a aşchiilor: - burghie cu evacuare exterioară a aşchiilor; - burghie cu evacuare interioară a aşchiilor.

c. După numărul de tăişuri: - burghie cu un singur tăiş; - burghie cu mai multe tăişuri.

d. După modul de desfăşurare a prelucrării: - burghie cu aşchiere intreruptă; burghie cu aşchiere continuă.

În continuare vor fi prezentate construcţiile şi elemente privind proiectarea tipurilor de burghie care s-au impus în ultima vreme.

a. Burghie cu un tăiş (fig. 4.30). Se folosesc pentru găurirea şi lărgirea găurilor cu adâncimi pâna la *10d*, nu au canal special pentru lichid de răcire şi lucrează cu aşchiere întreruptă. Aceste brughie se utilizează pentru diametre între 3 şi 36 mm. Conducerea sculei se face prin partea cilindrică a corpului burghiului, iar tăişul principal este perpendicular pe axa sculei pentru a se elimina forţa radială şi devierea burghiului. Pentru a se evita blocarea burghiului în gaură, tăişul principal se aşează peste centru cu 0,2...0,5 mm şi se prevede o conicitate inversă de 0,03...0,05 mm pe 100 mm.

Burghie cu un tăiş, cu evacuarea exterioară a aşchiilor se folosesc pentru aşchiere continuă şi sunt construite (fig. 4.31) dintr-un cap de găurire *1* din oţel rapid sau carburi metalice, lipit pe o ţeavă din oţel, profilată *2* şi coada *3*. Lichidul de aşchiere sub presiune ajunge în zona de lucru prin interiorul ţevii şi prin una sau două găuri executate în capul de găurire şi iese împreună cu aşchiile prin canalul cu secţiune în V al ţevii

profilate.

Geometria burghiului rezultă din fig. 4.31. Tăişul principal este fragmentat în două părţi de lungimi l_1 şi l_2, orientate cu unghiurile de atac $\varkappa_1$ si $\varkappa_2$. Pentru echilibrarea forţelor pe direcţie radială se recomandă ca $l_1 = l_2 = 0{,}25\ d$, iar unghiurile de atac $\varkappa_1 = 60°$ şi $\varkappa_2 = 70°$.

Ghidarea burghiului în gaură se face prin trei faţete prevăzute pe partea activă pe un unghi la centru mai mare de 180°. Aceste faţete f_1, f_2, f_3 sunt cilindrice, realizate în diferite moduri constructive şi au diametrul exterior corespunzător găurii de prelucrat, diametrul corpului părţii active fiind mai mic decât cel al faţetelor cu 0,2...0,8 mm. Pentru faţetele de ghidare cilindrice se recomandă lăţimile f_1 = 0,2...0,4 mm şi $f_2 = f_3$ = 3...5 mm.

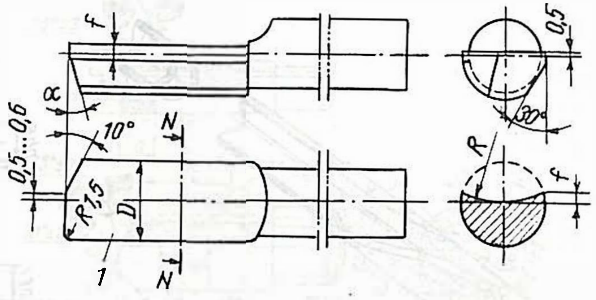


Fig. 4.30

Unghiul de degajare este zero sau, la unele construcţii moderne, cu partea activă elicoidală (fig. 4.32) este pozitiv.

Unghiurile de aşezare au diferite valori, recomandate astfel: α = 20°...25°, α_1 = 12°...20°, α_2 = = 12°...15°.

Pe partea de tăiş exterior l_1 se recomandă realizarea unei faţete f= 0,5 mm, orientată cu unghi de aşezare α_f = 10°... 12°, restul feţei de aşezare fiind orientată cu unghiul α_1.

Corpul burghiului este construit dintr-o ţeavă din oţel de îmbunătăţire, slab aliat. Diametrul exterior al ţevii este cu 0,2...0,8 mm mai mic decât diametrul găurii de prelucrat. Îmbinarea între partea activă şi ţeava profilată se face prin lipire cu alamă şi pentru mărirea rezistenţei mecanice îmbinarea este în formă de *V*.

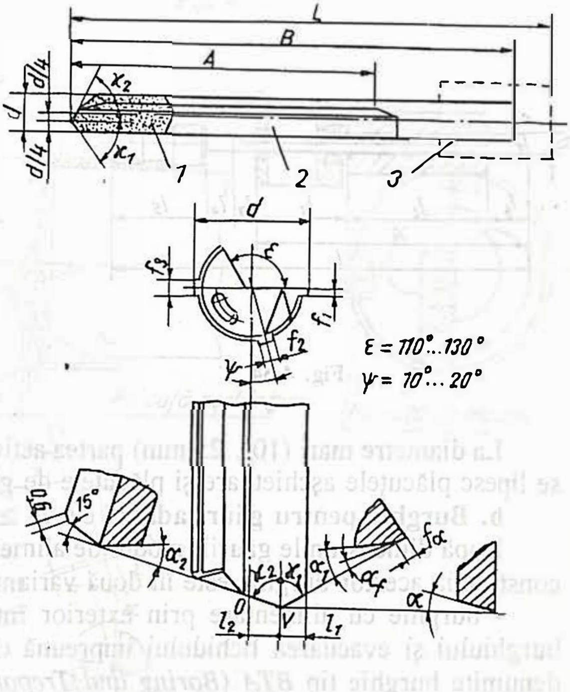


Fig. 4.31

Coada de prindere a burghiului este lipită de corpul lui şi are forma corespunzătoare dispozitivului maşinii de găurit, care diferă de la o firmă la alta (fig. 4.33).

Calculul lungimii burghiului (fig. 4.34) se face ţinând seama de lungimea găurii l_1, lungimea suportului port-burghiu l_2, lungimea ieşirii canalului l_3, lungimea părţii cilindrice a ţevii l_4, lungimea cozii l_5 şi rezerva de reascuţire l_6. În general, pentru gama

de diametre 3...20 mm, lungimea de reascuţire este l_6 = 15...30 mm.

O problemă importantă pentru calitatea găurii prelucrate o constituie necesitatea bucşei de ghidare, al cărei diametru este cu 0,005 mm mai mare ca al burghiului. Bucşa de ghidare se execută din oţel de scule sau din carburi metalice sinterizate în cazul producţiei de serie mare.

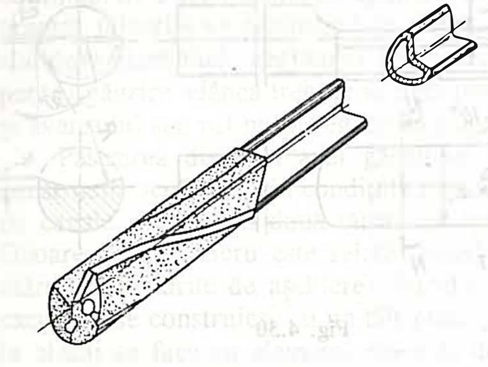
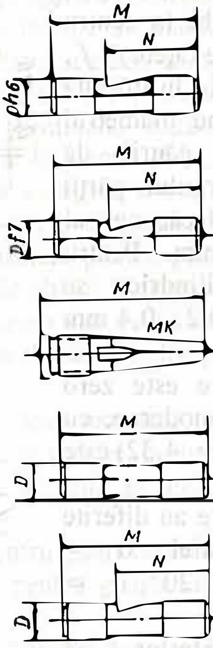


Fig. 4.32



HELLER

Nr.	D	M	N
01	12	50	31
02	16	50	31
03	20	63	34
04	25	63	34
05	32	80	34

Nagel

Nr.	D	M	N
08	10	40	24
09	16	45	31
10	25	70	34

SIG

Nr.	MK	M
14	1	84
15	3	84
16	4	135

SIG

Nr.	D	M
20	16	70
21	20	70
22	28	70
23	36	70
24	3/4"	23/4"
25	1"	23/4"
26	11/4"	23/4"

Tibo

Nr.	D	M	N
28	10	40	24
29	16	50	25
30	19,5		
31	25	70	31

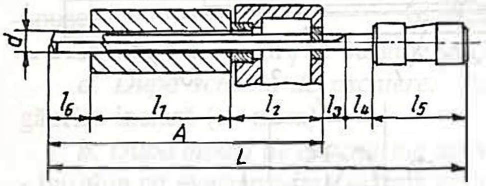


Fig. 4.34

Fig. 4.33

La diametre mari (10...25 mm) partea activă se construieşte din oţel de scule pe care se lipesc plăcuţele aşchietoare şi plăcuţele de ghidare din carburi metalice (fig. 4.35).

b. Burghie pentru găuri adânci cu $d \geq 20$ mm

După dimensiunile găurii, modul de alimentare şi evacuare a lichidului de aşchiere, construcţia acestor burghie este în două variante:

- burghie cu alimentare prin exterior între gaura prelucrată şi coada tubulară a burghiului şi evacuarea lichidului împreună cu aşchiile prin interiorul cozii tubulare, denumite burghie tip *BTA* (*Boring and Trepanning Association*) sau *STS* (*Single Tube System*);
- burghie cu alimentare prin interior în spaţiul dintre două ţevi şi evacuarea şi a lichidului şi a aşchiilor prin interior, denumite burghie tip *Ejector*.

În continuare vor fi prezentate în principal sculele care lucrează după procedeul *BTA*, care prezintă performante aşchietoare superioare şi sunt cele mai răspândite în industria constructoare de maşini.

b1. Burghie cu o plăcuţă lipită, pentru diametre 20...60 mm. Aceste scule, realizate iniţial de firma *Heller*, au o construcţie şi tehnologie de execuţie relativ simple, fapt pentru care se bucură de o mare răspândire în prelucrarea găurilor adânci.

Configuraţia sculei şi principalele elemente constructive şi geometrice sunt prezentate în figura 4.36, iar notaţiile utilizate sunt următoarele: d - diametrul de lucru, activ al sculei; h, t - înălţimea şi lăţimea pragului pentru sfărâmarea aşchiilor; a - distanţa la intrare între vârful principal şi corp; a' - teşirea plăcuţelor de ghidare la intrare; e - excentricitatea vârfului; f - distanţa între treptele tăişului principal; $\varkappa_o$ - unghiul tăişului interior; $\varkappa$, $\varkappa_1$ - unghiurile tăişurilor principale exterioare; α - unghiul de aşezare.

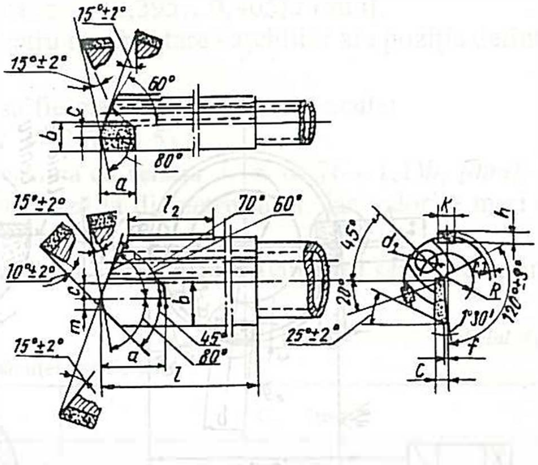


Fig. 4.35

Forma, dimensiunile constructive şi elementele geometrice ale părţii aşchietoare a sculei sunt prezentate în fig. 4.37. Conform modelului general de proiectare dimensiunile constructive şi elementele de aşchiere se determină treptat cu scopul ca încă din proiectare scula să fie inzestrată cu calităţile de lucru adecvate condiţiilor tehnologice de prelucrare.

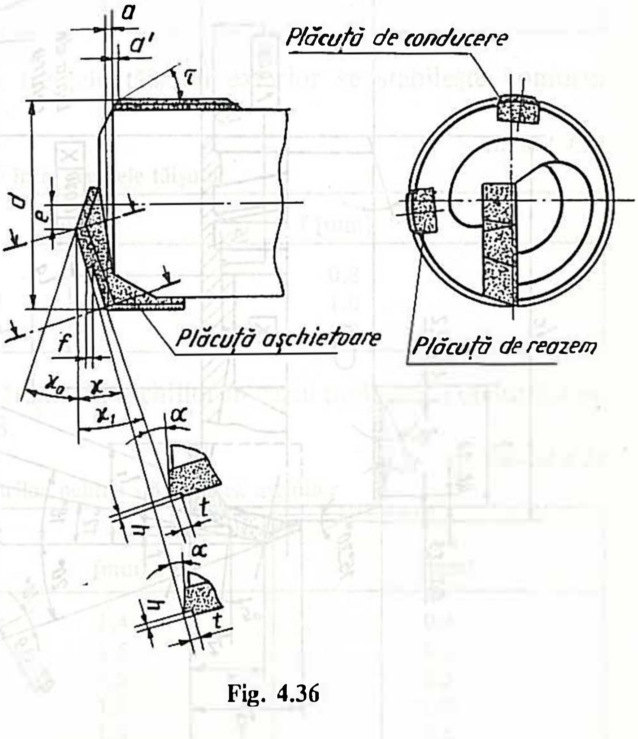
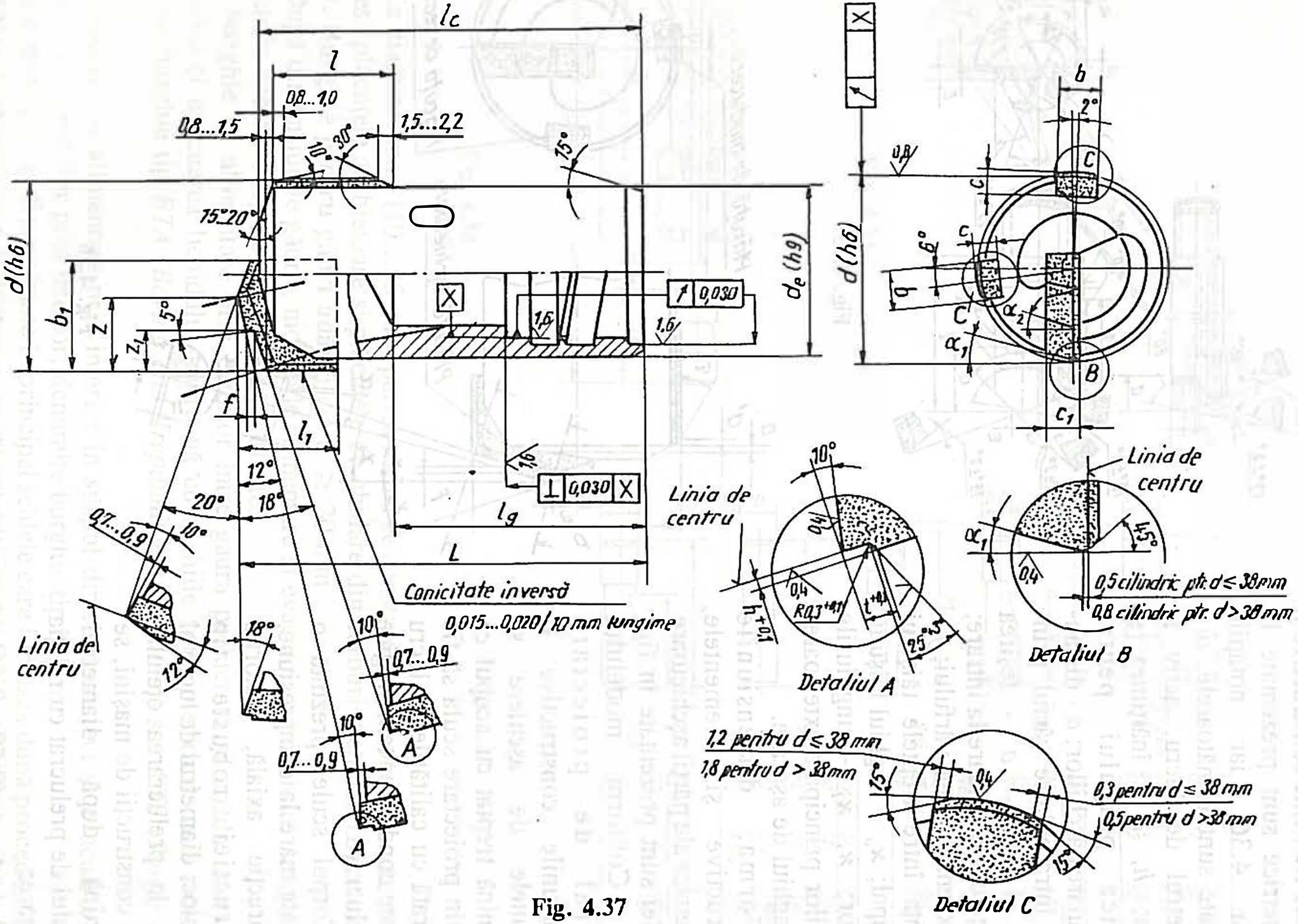


Fig. 4.36

Corpul sculei prezintă o rigiditate mare la compresiune, în direcţie axială, datorită construcţiei robuste tip monobloc; diametrul de lucru al sculei, la prelucrarea oţelului pentru construcţii de maşini, se determină după diametrul alezajului de prelucrat cu relaţia următoare:

$d = D + A_{ID} + (0,50...0,66)\ (A_{SD} - A_{ID})$ [mm],

în care D este diametrul nominal al găurii de prelucrat,



l_c
l
0,8...1,0
0,8...1,5
1,5...2,2
10°
30°
15°
75°...20°
d(h6)
d_e (h9)
b_1
z
z_1
5°
X
0,030
1,6
f
l_1
12°
18°
20°
⊥ 0,030 X
l_g
L
0,7...0,9
10°
12°
Linia de centru
Conicitate inversă
0,015...0,020/10 mm lungime
A
b
2°
C
0,8
c
6°
α_1
α_2
B
c_1
Linia de centru
0,4
R0,3
25°
Detaliul A
45°
0,5 cilindric ptr. d ≤ 38 mm
0,8 cilindric ptr. d > 38 mm
Detaliul B
1,2 pentru d ≤ 38 mm
1,8 pentru d > 38 mm
0,3 pentru d ≤ 38 mm
0,5 pentru d > 38 mm
Detaliul C

Fig. 4.37

iar A_{ID}, A_{SD} abaterile inferioară respectiv superioară ale diametrului găurii.

Diametrul exterior al corpului sculei este: $d_e = d$ - (2...5,5) [mm].

Poziţia vârfului tăişului principal se determină din condiţia echilibrării tuturor forţelor în plan perpendicular pe axa de rotaţie pentru avansarea rectilinie a sculei; pentru simplificare se poate utiliza relaţia empirică: $z = (0,395...0,405)d$ [mm].

Treapta pe tăişul principal exterior, pentru fragmentarea aşchiilor are poziţia definită prin cota: $z_1 = (0,615...0,625)z$ [mm].

Lăţimea plăcuţei aşchietoare trebuie să fie mai mare decât raza sculei:

$$b_1 = 0,5\,d + (2,5...4,5).$$

Lungimea plăcuţei aşchietoare se determină cu relaţia: $l_1 = (0,76...1,1)b_1$ *[mm]*, în care valorile mici ale coeficientului se utilizează la diametre mari, iar valorile mari se utilizează la diametre mici ale sculei.

Grosimea plăcuţelor aşchietoare se stabileşte în funcţie de diametrul sculei, conform recomandărilor din tabelul 4.16.

Tabelul 4.16

Grosimea plăcuţei aşchietoare

Diametrul sculei d [mm]	C_1 [mm]
20...24	3,5
24...32	4
32...46	5
46...60	6

Distanţa pe direcţie axială între treptele tăişului exterior se stabileşte conform tabelului 4.17.

Tabelul 4.17

Distanţa între treptele tăişului

Diametrul sculei d [mm]	f [mm]
20...30	0,8
30...45	1,0
45...60	1,2

Dimensiunile pragurilor pentru sfărâmarea aşchiilor în cazul prelucrării oţelurilor cu duritate medie se aleg din tabelul 4.18.

Tabelul 4.18

Dimensiunile pragurilor pentru sfărâmarea aşchiilor

Dimensiunile sculei d [mm]	t [mm]	h [mm]
20...26	1,4	0,4
26...34	1,5	0,5
34...40	1,6	0,5
40...46	1,7	0,55
46...52	1,8	0,6
52...60	2,0	0,6

Pentru a se realiza o bună sfărâmare a aşchiilor, în cazul prelucrării oţelurilor moi lăţimea degajării t se micşorează, iar la prelucrarea oţelurilor dure lăţimea t se măreşte faţă de valorile medii prezentate în tabelul 4.18.

Calitatea plăcuţei aşchietoare la aceste burghie se stabileşte ţinând seama că aceasta trebuie să reziste bine la uzură şi la şocuri (P20, P30). Plăcuţele de reazem şi de conducere trebuie să fie rezistente la uzură, la viteze mari (P10), iar dimensiunile orientative ale acestora sunt date în tabelul 4.19.

Tabelul 4.19

Dimensiunile plăcuţelor de reazem şi de conducere

Diametrul sculei d [mm]	b [mm]	c [mm]	l [mm]
20...30	5...6	2,5...3	18...22
30...36	6...7	3...4	22...28
36...43	7...8	4...4,5	28...31
43...60	8	4,5...5,5	31

Lungimea totală a sculei se determină cu relaţia: $L = (1{,}75 \ldots 2{,}85)\, d$ [mm], în care valorile mici ale coeficientului sunt pentru diametre mari, iar coeficienţii mari pentru diametre mici. Lungimea corpului l_c se stabileşte constructiv.

Relaţia cu caracter orientativ, pentru stabilirea lungimii găurii prelucrate în corpul burghiului este următoarea: $l_g = L - l_1 - (3{,}5 \ldots 7{,}5)$ [mm].

Dimensiunile filetului pătrat de fixare şi ale suprafeţelor cilindrice de centrare se stabilesc conform tabelului 4.28.

O construcţie similară de burghiu cu o plăcuţă aşchietoare este prezentată în figura 4.38. În acest caz tăişul exterior este divizat în trei părţi şi poziţia plăcuţelor de ghidare este diferită faţă de cea de la construcţia anterioară.

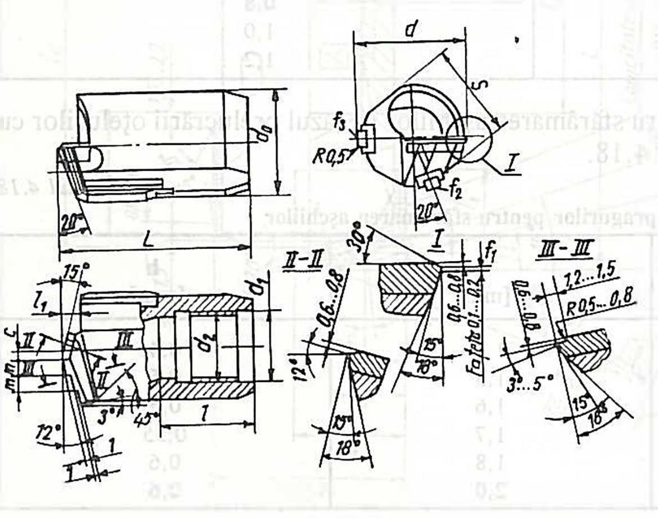


Fig. 4.38

Câteva elemente dimensionale şi de geometrie ale acestor burghie sunt prezentate în tabelul 4.20.

Construcţia burghielor cu o placuţă aşchietoare este avantajoasă prin simplitatea ei, dar prezintă şi câteva dezavantaje, printre care:

- plăcuţele aşchietoare au suprafaţă mare în raport cu grosimea;
- ascuţirea şi reascuţirea sunt dificile datorită treptelor tăişului;
- nu este posibilă utilizarea plăcuţelor aşchietoare diferite în

funcţie de viteza de aşchiere, maximă la exterior, unde sunt necesare placuţe cu stabilitate termică ridicată.

Tabelul 4.20

Burghie pentru găuri adânci cu o plăcuţă aşchietoare

d [mm]	d_0	L	l	l_1	Trepte c	Trepte m	d_1	d_2	S
30...32	d - 1	65	35	6	2	4,5	22	21	26
32...35		68	40	7			24	23	28
35...38						5,0	26	25	30
38...40	d - 2	76			2,5	5,5	28	27	32
40...42		78		8		6,0	30	29	35
42...45									36
45...48		88	45			7,0	34	33	40
48...50	d - 3	92					36	35	42
50...55					3	7,5			
55...60		98	50	10		8,0	42	41	46
60						9,0	45	44	52

Notă: Conicitatea inversă pe plăcuţele de ghidare max. 0,2 mm pe 100 mm lungime

b2. Burghie cu trei plăcuţe lipite pentru diametre 20...43 mm. Construcţia mai complicată este justificată de performanţele deosebite ale acestor scule în ceea ce priveşte productivitatea, durata de utilizare, precizia dimensională şi rugozitatea suprafetelor prelucrate, în prezent ele fiind foarte frecvent utilizate în industria constructoare de maşini. Forma constructivă, dispunerea tăişurilor şi parametrii geometrici principali ai părţii aşchietoare sunt prezentate în figura 4.39, în care s-au folosit următoarele notaţii: d - diametrul de lucru, activ al sculei; h, t - înălţimea şi lăţimea pragului pentru sfărâmarea aşchiilor; a, a' - distanţa şi teşirea la intrare; e - excentricitatea vârfului; n -suprapunerea sau acoperirea tăişurilor; u -decalarea axială a tăişurilor; $\varkappa_0$, $\varkappa$ - unghiul tăişului principal exterior, interior; α - unghiul de aşezare; τ - unghiul teşirii la intrare.

Construcţia, geometria părţii aşchietoare şi parametrii dimensionali ai sculei sunt prezentate detaliat în figura 4.40.

La proiectarea burghielor de această formă constructivă scopul principal este optimizarea geometriei şi mărirea capacităţii de aşchiere pentru cele mai frecvente condiţii tehnologice de utilizare a acestor scule.

Diametrul de lucru al sculei se determină, în cazul prelucrării oţelurilor pentru construcţii de maşini, cu următoarea relaţie: $d = D + A_{ID} + (0,66...0,75)\ (A_{SD} - A_{ID})$, în care D este diametrul nominal al găurii de prelucrat, iar A_{ID}, A_{SD} abaterile inferioară,

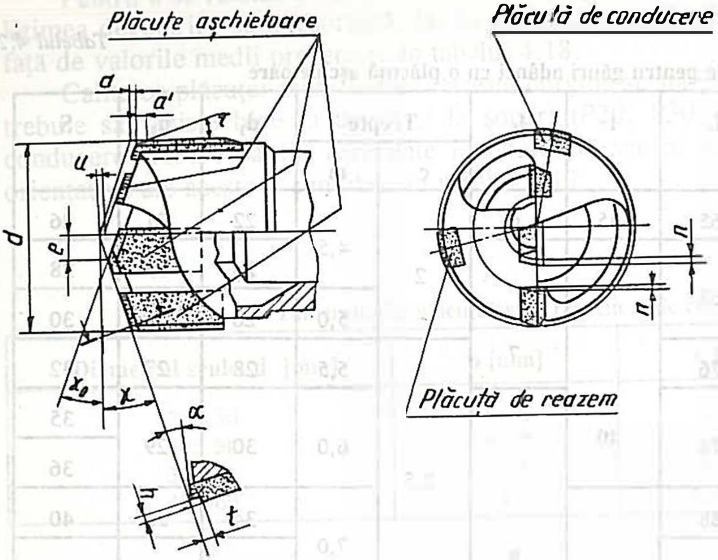


Fig. 4.39

respectiv superioară ale diametrului găurii.

Diametrele exterioare ale corpului sculei se determină pentru a asigura pătrunderea cantităţii necesare de lichid în zona de aşchiere, cu relaţiile:

$d_e = d$ - (2...4) [mm];

$d_c = d_e$- (0.5...1.5)[mm].

Lungimile caracteristice ale sculei se stabilesc după relaţiile:

$l_c = (1,40...1,90)d$ [mm];

$l_g = (1,65...2,05)d$ [mm];

$L = (2,45...2,85)d$ [mm],

unde coeficienţii mici se utilizează la burghie de diametre mari, iar coeficienţii mari se utilizează pentru diametre mici.

Grosimea m a corpului în zona centrală se stabileşte pentru asigurarea unei rezistenţe corespunzătoare, funcţie de diametrul sculei: m = 3 mm pentru d=20...31 mm; m = 4 mm pentru d = 32...43 mm.

Excentricitatea vârfului burghiului faţă de axa de rotaţie şi poziţiile unghiulare ale plăcuţelor de ghidare sunt elemente care influenţează direcţia avansării sculei, deci rectilinitatea axei găurii prelucrate. Valorile recomandate pentru aceste elemente sunt date în tabelul 4.21.

Tabelul 4.21

Excentricitatea vârfului şi poziţia plăcuţelor de ghidare

Diametrul sculei d mm	e [mm]	β_1	β_2
20,0...28,7 28,7...39,6 39,6...43,0	3, 3,5 4,5	10°...11°	6°...12°

Dimensiunile recomandate ale plăcuţelor aşchietoare şi ale plăcuţelor de ghidare depind de diametrul sculei şi sunt prezentate în tabelul 4.22.

Locaşurile pentru plăcuţe se execută în corpul sculei cu dimensiuni corespunzatoare celor ale plăcuţelor. Se constată din tabelul 4.22 că plăcuţele sunt relativ lungi pentru a permite efectuarea unui număr mare, pâna la 12...15 reascuţiri, respectiv o durata mare de utilizare a sculei.Pentru a evita fenomenul de ştirbire sau de rupere a marginilor plăcuţelor şi pentru mărirea fiabilităţii acestor scule se recomandă ca muchiile de aşchiere

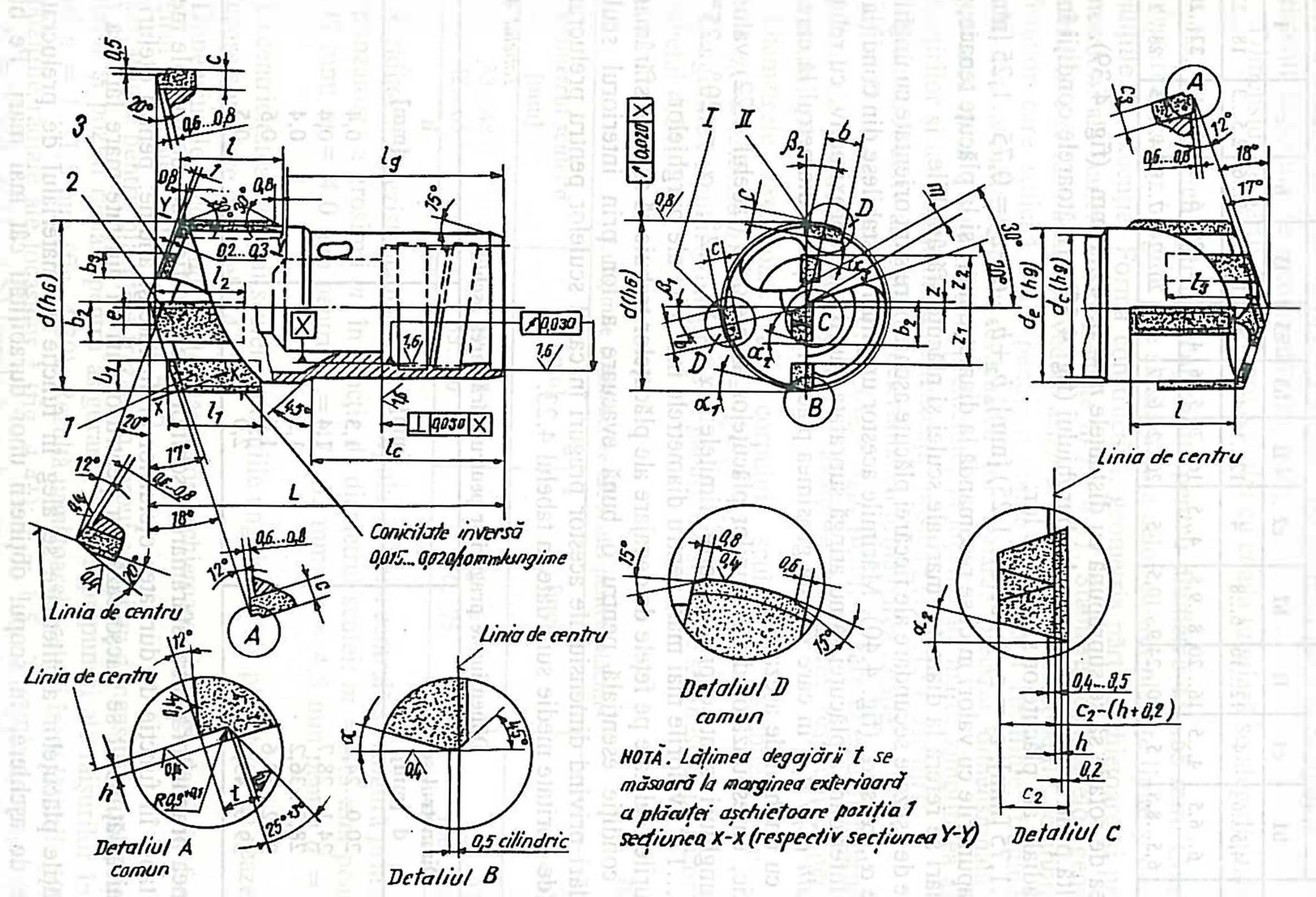

Conicitate inversă 0,015...0,020/100mm lungime
Linia de centru
Linia de centru
Linia de centru
Linia de centru
Detaliul A comun
Detaliul B
0,5 cilindric
Detaliul D comun
Detaliul C
NOTĂ. Lățimea degajării t se măsoară la marginea exterioară a plăcuței așchietoare poziția 1 secțiunea X-X (respectiv secțiunea Y-Y)

Fig. 4.40

Tabelul 4.22

Dimensiuni orientative ale plăcuţelor, *mm*

Diametrul sculei *d* mm	Plăcuţele aşchietoare									Plăcuţele de ghidare		
	exterioară, poz. 1			centrală, poz. 2			intermediară, poz. 3			Poziţiile I şi II		
	b1	c1	l1	b2	c2	l2	b3	c3	l3	b	c	l
20..30	4,5...6	4	12...16	6...8	4	12...16	4...5	4	12...16	5...6	2,5...3	18...22
30...60	6...6,5	4...5	16...20	8...9,5	4...5	16...20	5...6	4...5	16...20	6...7	3...4	22...28
36...43	6,5...8,5	5	20...24	9...10,5	5	20...24	6...7	5	20...24	7...8	4...4,5	28...31

în mişcarea de rotaţie să se suprapună cu distanţele n = 0,74...1 mm (fig .4.39).

Rezultă pentru construcţia corpului burghiului (fig. 4.30) următoarele condiţii între poziţiile radiale ale plăcuţelor şi lăţimile lor:

z =1,25...1,75 [mm]; $z_2 = z_1$ + (0,75...1,25) [mm]; $b_2+b_3-(z+z_2)$= 0,75...1,25 [mm].

Suprapunerile cu valori mici se recomandă la diametre mari şi la plăcuţe tenace, iar valorile mari se referă la diametre mari ale sculei şi plăcuţe sfărâmabile.

Feţele de aşezare secundare ale fiecărei plăcuţe aşchietoare sunt orientate cu unghiuri de aşezare α_1, α_2 si α_3 (fig. 4.40). Mărimile acestor unghiuri se stabilesc din condiţia ca marginea inferioară a plăcuţei să nu atingă suprafata găurii sau, aproximativ, cu relaţia: $\alpha_1 > arcsin\ (C_i\ /\ d_1)$, în care C_i este grosimea plăcuţei, iar d_i este diametrul la care se află tăişul cu unghiul de aşezare α_1.

Practic, corespunzător dimensiunilor plăcuţelor aşchietoare (tabelul 4.22) valorile acestor unghiuri sunt cuprinse între limitele: α_1 = 8°...12°, α_2 = 20°...25° şi α_3 = 12°...17°, valorile mai mari pentru diametrele mai mici ale burghielor.

Pragurile realizate pe feţele de degajare ale plăcuţelor trebuie să asigure sfărâmarea aşchiilor, condiţie esenţială pentru o bună evacuare a lor prin interiorul sculei. Recomandări privind dimensiunile acestor praguri în cazul sculelor pentru prelucrarea oţelurilor de duritate medie sunt date în tabelul 4.23.

Tabelul 4.23

Dimensiunile pragurilor pentru sfărâmarea aşchiilor

Diametrul sculei d [mm]	t [mm]	h [mm]
20,0...24,1	1,3	0,4
24,1...28,7	1,4	0,4
28,7...36,2	1,5	0,4
36,2...39,6	1,6	0,5
39,6...43,0	2,0	0,5

Lăţimea pragurilor pentru sfărâmarea aşchiilor t se modifică faţă de valorile medii din acest tabel în funcţie de duritatea oţelurilor prelucrate şi anume: pentru oţeluri cu duritate mică lăţimea t se micşorează, iar pentru oţeluri cu duritate mare lăţimea t se măreşte.

Calităţile plăcuţelor aşchietoare se aleg în funcţie de materialul de prelucrat şi regimurile de aşchiere, în scopul obţinerii unor durabilităţi cât mai mari. Pe baza experienţei acumulate în utilizarea sculelor pentru găurire adâncă se recomandă ca grupele

de utilizare ale plăcuţelor (fig. 4.40) să fie stabilite după următoarele criterii: - placuţe de reazem (poziţia I) şi de conducere (poziţia II) trebuie să fie rezistente la uzură şi la viteze mari (se recomandă P10, P20); - plăcuţele aşchietoare: exterioară (poziţia I) şi intermediară (poziţia III) trebuie sa fie rezistente la uzură şi la viteze mari de aşchiere (se recomandă P20, P30); - plăcuţa aşchietoare centrală (poziţia *2*) trebuie să fie tenace, rezistentă la şocuri (se recomandă P30, P40).

Dimensiunile părţii de îmbinare a sculei cu coada tubulară se aleg din tabelul 4.28.

b3. Burghie cu patru plăcuţe lipite pentru diametre 43...65 mm. Construcţia şi proiectarea acestor burghie este similară cu a celor cu trei plăcuţe lipite şi de asemenea condiţiile de execuţie. Forma constructivă, geometria părţii aşchietoare şi principalele dimensiuni ale sculei sunt prezentate în fig 4.41. Stabilirea elementelor geometrice şi constructive se face având în vedere asigurarea următoarelor condiţii: echilibrarea bună a forţelor care solicită scula pentru a obţine axa găurii rectilinie; fragmentarea şi sfărâmarea aşchiilor pentru evacuarea lor uşoară; precizia dimensională mare şi rugozitatea mică a suprafeţelor prelucrate; productivitate mare; simplitatea ascuţirii şi reascuţirilor şi un număr mare de reascuţiri posibile (12...15 reascuţiri).

Diametrul activ al sculei se determină cu următoarea relaţie:
$d = D + A_{ID} + (0,66...0,75)(A_{SD} - A_{ID})$, [mm], în care D este diametrul nominal al găurii de prelucrat, iar A_{ID}, A_{SD} - abaterile inferioară, respectiv superioară ale diametrului găurii.

Diametrele exterioare ale corpului sculei se stabilesc cu relaţiile: $d_e = d - (2.5...6.5)$[mm]; $d_c = d_e - (1...2)$ [mm].

Lungimile corpului şi lungimile de gabarit ale sculei se stabilesc după recomandările din tabelul 4.24.

Tabelul 4.24

Lungimile constructive ale sculei pentru plăcuţe

Diametrul sculei d [mm]	l_c [mm]	l_g [mm]	L [mm]
43...48	50...55	62...67	92 ...97
48...65	55...60	70...75	100...105

Rigiditatea şi rezistenţa necesară a corpului în zona centrală se asigură prin alegerea corespunzătoare a grosimii m, în funcţie de diametrul sculei: m = 3,5 mm pentru d = 43...47 mm; m = 4,0 mm pentru d = 47...52 mm; m = 4,5 mm pentru d = 52...65 mm.

Excentricitatea vârfului sculei şi poziţiile unghiulare ale plăcuţelor de reazem şi de conducere sunt date de tabelul 4.25.

Dimensiunile recomandate ale plăcuţelor aşchietoare şi de ghidare, în funcţie de diametrul sculei sunt date în tabelul 4.26.

Locaşurile pentru plăcuţele frezate în corpul sculei au dimensiuni corespunzătoare plăcuţelor şi poziţii radiale pentru asigurarea unor suprapuneri ale tăişurilor în timpul rotaţiei n = 1...1,5 mm (fig. 4.39). Rezultă următoarele relaţii între lăţimile plăcuţelor b şi poziţiile radiale ale locaşelor z (fig. 4.41): z = 1.5...2 [mm]; $z_3 = z_2 + (1...1,5)$ [mm]; $z_1 = z_3 - b_4 + (1...1,5)$ [mm]; $b_2 + b_3 - (z + z_1) = 1...1,5$ [mm].

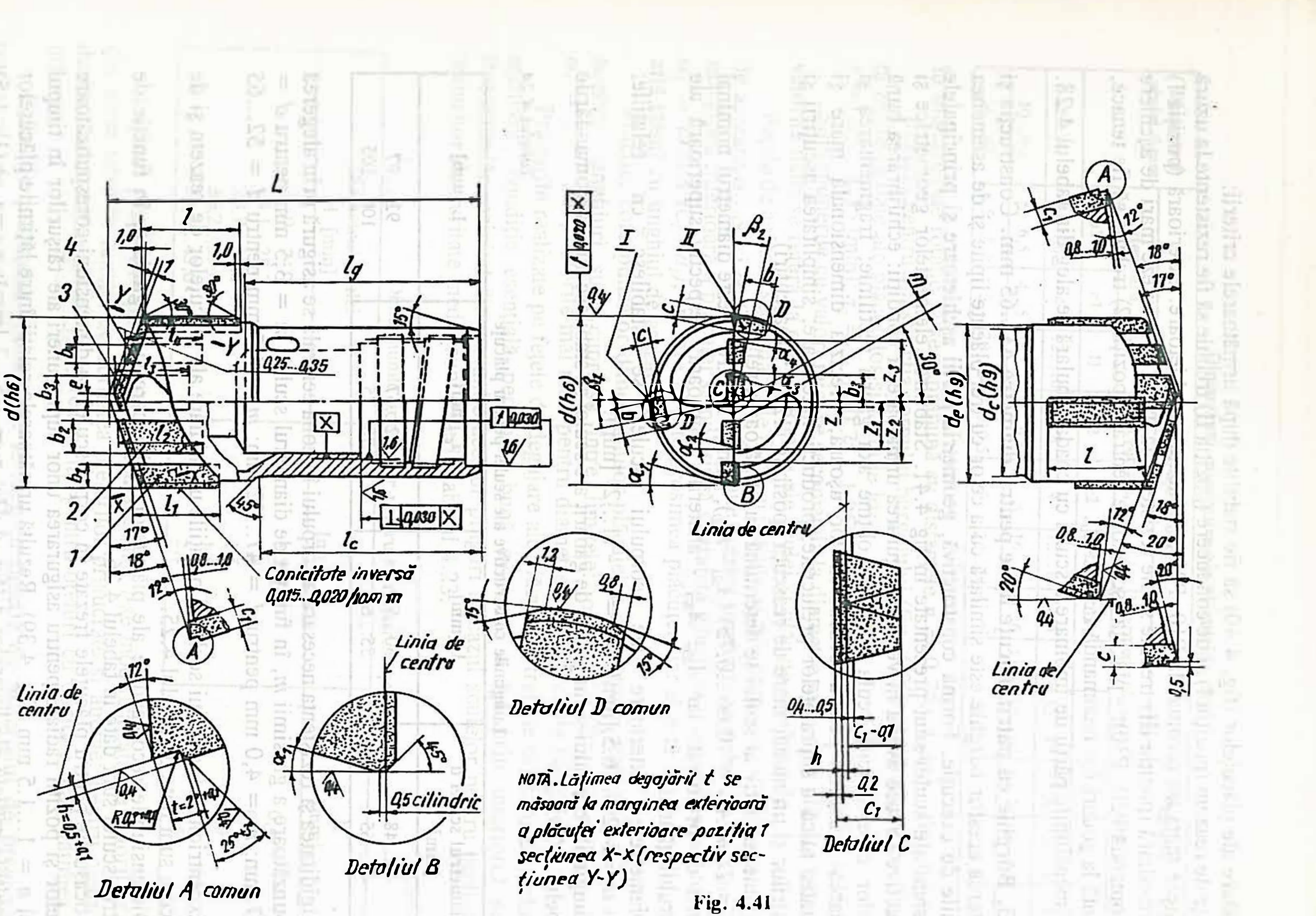

L
l
l_g
l_c
d(h6)
d_e(h9)
d_c(h9)
Conicitate inversă
0,015...0,020/100 mm
Linia de centru
Detaliul A comun
Detaliul B
0,5 cilindric
Detaliul D comun
Detaliul C
NOTĂ. Lățimea degajării t se
măsoară la marginea exterioară
a plăcuței exterioare poziția 1
secțiunea X-X (respectiv sec-
țiunea Y-Y)

Fig. 4.41

Tabelul 4.25

Excentricitatea şi poziţia plăcuţelor de ghidare

Diametrul sculei d [mm]	e [mm]	β_1	β_2
43...56,2 56,2...61,2 61,2...65	4,5 5,0 5,5	5°...6°	10°...11°

Tabelul 4.26

Dimensiunile orientative ale plăcuţelor aşchietoare, în mm

Diametrul sculei [mm]	Plăcuţele aşchietoare								Plăcuţe de ghidare		
	b_1	b_2	b_3	b_4	c_1	l_1,l_2	l_3	l_4	b	c	l
43-52	7-9	6-9	6-8	5-7	5	23	21,5	22,5	8	4-5	31
52-65	8-11	8-10,5	7-10,5	6-8						5-6	

Suprapunerile cu valori mici din aceste relaţii se recomandă la valori mai mici şi la plăcuţe tenace, iar valori mari la diametre mari şi în cazul plăcuţelor sfărâmabile.

Pentru a evita frecările pe suprafeţele de aşezare secundare (laterale) ale plăcuţelor, acestea sunt orientate cu unghiurile $\alpha_1 ... \alpha_4$ (fig. 4.41) care se stabilesc pe cale grafică în funcţie de diametrele cercurilor descrise de muchiile respective ori de grosimile plăcuţelor. De asemenea aceste unghiuri pot fi stabilite folosind următoarea relaţie: $\alpha_i > \arcsin (C_i / d_i)$, în care C_i este grosimea plăcuţei, iar d_i este diametrul la care se află tăişul cu unghiul de aşezare α_i.

Pragurile pentru sfărâmarea aşchiilor au dimensiunile recomandate în figura 4.41, adică $t = 2$ mm şi $h = 0,5$ mm, în cazul prelucrării oţelurilor pentru construcţii de maşini cu duritate medie. Lăţimea acestor praguri trebuie să se micşoreze la prelucrarea oţelurilor cu duritate mică şi să se mărească la prelucrarea oţelurilor cu duritate mare.

Ca şi în cazul sculelor cu trei plăcuţe grupele de utilizare ale plăcuţelor se aleg în funcţiie de condiţiile de solicitare în timpul prelucrării:

- plăcuţele de reazem (poziţia *I*) şi de conducere (poziţia *II*) ca şi plăcuţa aşchietoare exterioară (poziţia *1*) se vor executa din amestecuri de carburi metalice foarte rezistente şi la uzură şi la viteze mari, de exemplu P10, P20;
- plăcuţele aşchietoare intermediare (poziţiile 2 şi *4*) se vor executa din amestecuri de carburi metalice rezistente la uzură şi la viteze de aşchiere, de exemplu P30;
- plăcuţa aşchietoare centrală (poziţia *3*) se va executa din amestecuri de carburi metalice rezistente la şocuri, de exemplu P40.

Dimensiunile părţii de centrare şi fixare a sculei pe coada tubulară filetată sunt cele date în tabelul 4.28

b4. Burghie cu două sau trei plăcuţe lipite pentru diametre 65...120 mm. Aceste burghie au construcţie mai complicată decât cele prezentate anterior prin faptul că plăcuţele aşchietoare şi plăcutele de ghidare sunt lipite pe suporţi din oţel, care se prind cu şuruburi pe corpul sculei.

Burghiele cu două plăcuţe aşchietoare (fig. 4.42) au tăişurile de lungimi aproximativ

egale, situate în plane diferite. Corpul burghiului are un al treilea ghidaj elastic, care permite o funcţionare stabilă a burghiului.

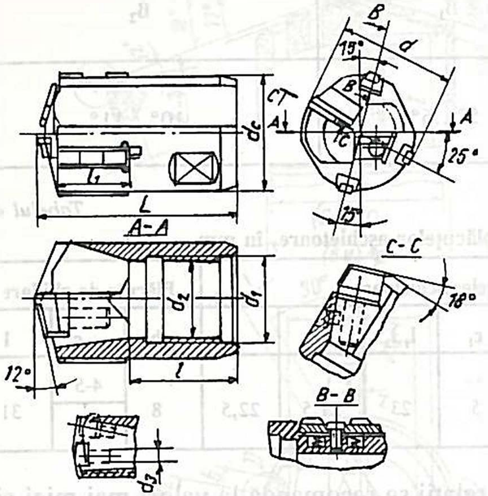


Fig. 4.42

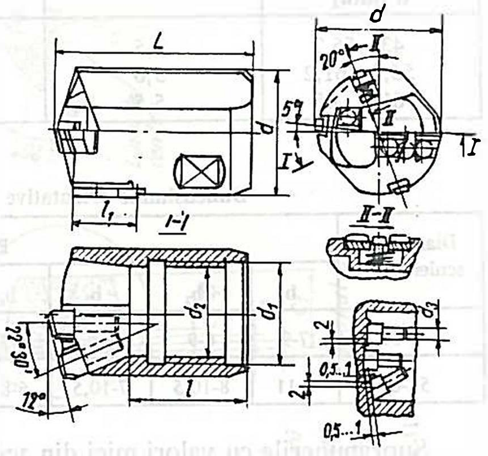


Fig. 4.43

Aceste burghie se folosesc pentru găuri pătrunse sau înfundate, cu diametre 65...80 mm şi au principalele dimensiuni date în tabelul 4.27.

Burghiele cu trei plăcuţe aşchietoare (fig. 4.43) permit divizarea aşchiei pe lăţime în trei părţi şi sfărâmarea prin pragurile prevăzute pe feţele de degajare. Suportul plăcuţei aşchietoare exterioare este aşezat înclinat faţă de axa burghiului pentru compensarea uzurii tăişului periferic.

După ascuţire tăişurile se readuc la poziţiile necesare prin montarea plăcuţelor compensatoare între suporţi şi corpul burghiului. La montarea adaosurilor diametrul de lucru se măreşte cu $d_c = b_x \sin \phi$ [mm], unde b_x este grosimea adaosului, iar ϕ - unghiul dintre axa suportului plăcuţei exterioare şi axa burghiului.

La aceste tipuri de burghie se recomandă utilizarea manşoanelor cu ghidaje elastice (fig. 4.44) montate între sculă şi coada tubulară, pentru o mai bună conducere şi amortizare a vibraţiilor.

c. Burghie cu plăcuţe schimbabile. În prezent acestea sunt cele mai bune construcţii de scule pentru executarea găurilor adânci. Plăcuţele aşchietoare utilizate au în majoritatea cazurilor forma triunghiulară, iar numărul şi dimensiunile lor depind de diametrul sculei. Câteva dintre avantajele mai importante ale acestor scule sunt următoarele:

- refacerea calităţilor aşchietoare este rapidă, prin schimbarea poziţiei sau înlocuirea plăcuţelor uzate, ştirbite, dimensiunile de lucru ale sculei fiind păstrate;
- domeniul de lucru al sculei se lărgeşte prin posibilitatea aplicării de la caz la caz a plăcuţelor aşchietoare de calităţile potrivite;
- productivitatea se măreşte, fiind permise regimuri de lucru mai intense.

Tabelul 4.27

Dimensiuni recomandate pentru burghie cu 2 şi 3 plăcuţe aşchietoare, în mm

<table>
<tr><th>d</th><th>d_c</th><th>L</th><th>l</th><th>d_1</th><th>d_2</th><th>d_3</th><th>l_1</th><th>S</th></tr>
<tr><td colspan="9">Burghie cu două plăcuţe (fig. 4.42)</td></tr>
<tr><td>65...70</td><td rowspan="4">d - 3</td><td rowspan="2">110</td><td>60</td><td>50</td><td>49</td><td rowspan="2">12</td><td rowspan="2">40</td><td>57</td></tr>
<tr><td>70...75</td><td>65</td><td>55</td><td>54</td><td>62</td></tr>
<tr><td>75...80</td><td>118</td><td>70</td><td>60</td><td>59</td><td>14</td><td>45</td><td>66</td></tr>
<tr><td>80</td><td>128</td><td>75</td><td>65</td><td>64</td><td>16</td><td>50</td><td>70</td></tr>
<tr><td colspan="9">Burghie cu trei plăcuţe (fig. 4.43)</td></tr>
<tr><td>85...90</td><td>d - 3</td><td rowspan="2">35</td><td rowspan="2">80</td><td rowspan="2">70</td><td rowspan="2">69</td><td rowspan="2">13</td><td rowspan="2">44</td><td>75</td></tr>
<tr><td>90...95</td><td>d - 4</td><td>80</td></tr>
<tr><td>95...100</td><td rowspan="6">d - 5</td><td>150</td><td>90</td><td>75</td><td>74</td><td rowspan="2">14</td><td rowspan="2">50</td><td rowspan="2">80</td></tr>
<tr><td>100...105</td><td>155</td><td rowspan="2">95</td><td rowspan="2">80</td><td rowspan="2">79</td></tr>
<tr><td>105...110</td><td>162</td><td rowspan="2">15</td><td rowspan="2">54</td><td>90</td></tr>
<tr><td>110...115</td><td>167</td><td rowspan="2">100</td><td rowspan="2">85</td><td rowspan="2">84</td><td>95</td></tr>
<tr><td>115...120</td><td>172</td><td rowspan="2">16</td><td rowspan="2">55</td><td>100</td></tr>
<tr><td>120</td><td>177</td><td>105</td><td>95</td><td>93</td><td>105</td></tr>
</table>

Pentru obţinerea unei geometrii optime a părţii aşchietoare a sculei şi a unei calităţi bune a găurilor prelucrate este necesar ca la proiectare să se acorde o importanţă deosebită amplasării plăcuţelor şi orientării corecte a muchiilor (fig. 4.45) pe baza condiţiei de echilibrare a forţelor în planul perpendicular pe axa sculei. Plăcuţele aşchietoare de forma triunghiulară sunt cu geometrie pozitivă, cu unghi de aşezare pozitiv, de precizie normală (TPUN, STAS 9130/1-80).

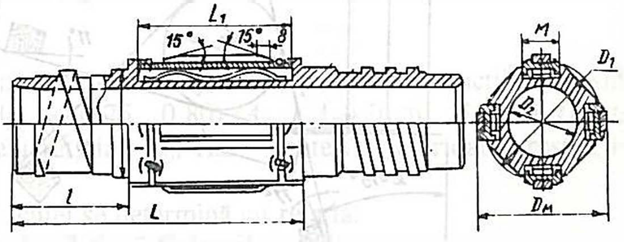


Fig. 4.44

Lăţimea de aşchie care poate fi detaşată de aceste plăcuţe se proiectează pe un plan perpendicular pe axa sculei (fig. 4.46) cu dimensiunea b_i. Această proiecţie se determină grafic sau cu ajutorul relaţiei: $b_i = (l - 3{,}46\, r_i) \cos \varkappa + 2\, r_i$ [mm], unde l este lungimea teoretică a laturii triunghiului plăcuţei *TPUN (STAS 9130/1-80)*, iar r_i - raza de racordare a vârfurilor plăcuţei.

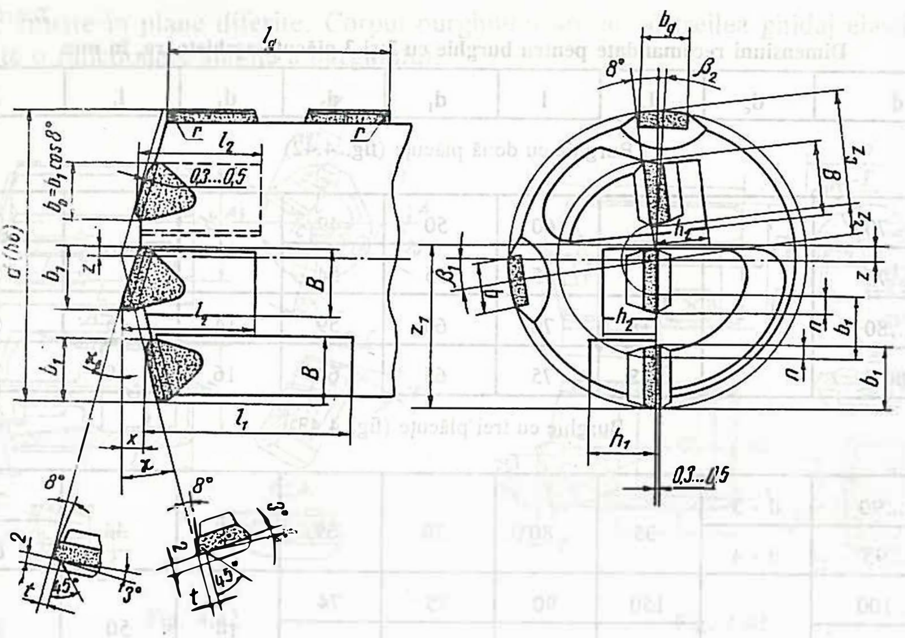


Fig. 4.45

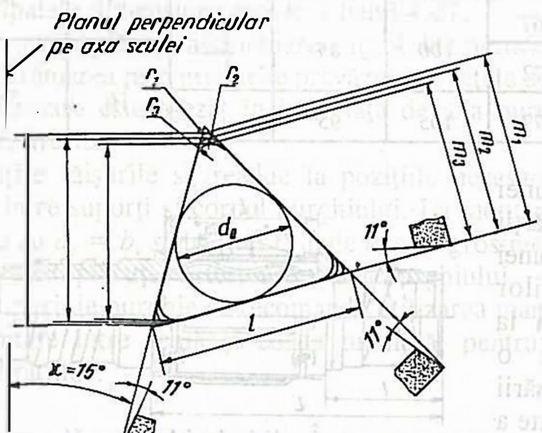


Fig. 4.46

După diametrul găurii de prelucrat, depăşirea axei de tăişul plăcuţei centrale are valorile z = 1,5...5 mm ; valorile mici se referă la diametre mici, iar valorile mari la diametre mari ale sculei.

După stabilirea unghiului de atac şi a lăţimilor de aşchiere b_i, cu diametrul găurii de prelucrat se trasează la scară mărită amplasamentul plăcuţelor (fig. 4.46) având în vedere realizarea unor suprapuneri ale muchiilor, notate cu n şi se stabilesc elementele

dimensionale z_2 şi x.

Poziţiile vârfurilor plăcuţelor pe direcţie radială se definesc prin cotele:

$$z_1 = d/2 + z \text{ [mm]}; \; z_2 = d/2 + 2z \text{ [mm]}.$$

Dimensiunile suporţilor portplăcuţe l_1, l_2, B, h_1 şi h_2 se stabilesc constructiv. Plăcuţele de reazem şi de conducere vor avea lungimea şi lăţimea stabilite după relaţiile: $l_g = (0{,}40...0{,}75)d$ [mm]; $b_g = (0{,}11...0{,}18)d$ [mm], în care valorile mici ale coeficienţilor se recomandă pentru diametrele mari, iar valorile mari pentru diametrele mici ale sculei.

Poziţiile plăcuţelor de reazem şi de conducere sunt determinate prin unghiurile $\beta_1 = 8°...10°$ şi $\beta_2 = 1°...3°$.

Principalele dimensiuni constructive şi de gabarit ale sculei prezentate în figura 4.47 se determină folosind câteva relaţii empirice, date în continuare.

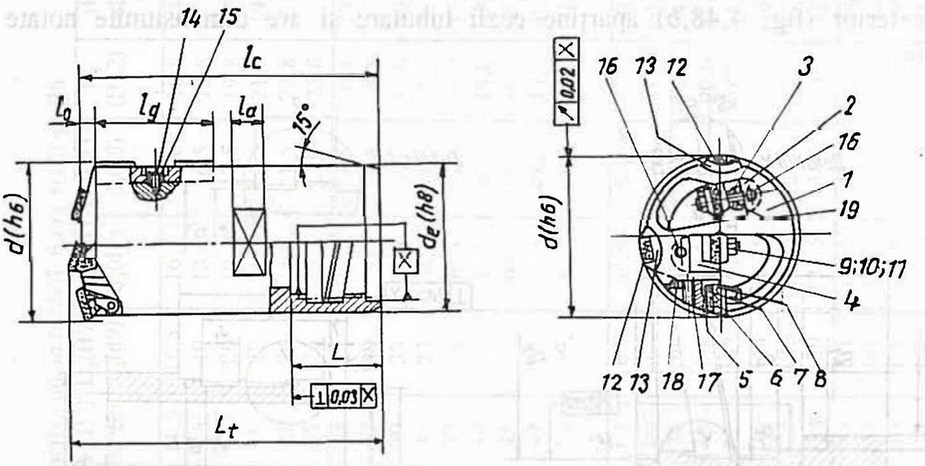


Fig. 4.47

Diametrul activ al sculei, în cazul prelucrării oţelurilor pentru construcţii de maşini se stabileşte cu relaţia: $d = D + A_{ID} + (0{,}75...0{,}80)\,(A_{SD} - A_{ID})$ [mm] , în care D este diametrul nominal al găurii de prelucrat, iar A_{ID}, A_{SD} - abaterile inferioară, respectiv superioară ale diametrului găurii.

Diametrul exterior al corpului sculei se determină cu relaţia:

$$d_e = d - (3{,}5...6{,}5) \text{ [mm]}.$$

Lungimea corpului sculei se determină ca o sumă: $l_c = l_o + l_g + l_a + (4...18)$ [mm], în care l_a este lăţimea aplatizării pentru cheie, stabilită constructiv. Lungimea totală l_t depinde de dimensiunile şi poziţia plăcuţei aşchietoare centrale.

Alegerea calităţilor plăcuţelor aşchietoare se face ţinând seama de vitezele de aşchiere corespunzătoare. Pentru plăcuţele periferice se vor utiliza amestecuri de carburi metalice rezistente la uzură şi viteze de aşchiere mari, iar pentru plăcuţele centrale se vor utiliza carburi metalice rezistente la şocuri.

Părţile componente ale sculei, conform poziţiilor notate în figura 4.47 sunt următoarele: *1*- corpului sculei; *2*- semicilindru, solidar cu corpul sculei; *3*- suport plăcuţă intermediară; *4*- suport plăcuţă centrală; *5*- suport plăcuţă exterioară; *6*- plăcuţă

aşchietoare *TPUN*; *7*- plăcuţă de bază (de sprijin); *8*- plăcuţă sfărâmător de aşchii; *9*- şurub; *10*- bridă de strângere; *11*- arc inelar; *12*- plăcuţă de reazem, conducere; *13*- suportul plăcuţei reazem; *14*- şurub; *15*- arc; *16*- ştift filetat; *17*- ştift filetat; *18*- şurub.

Centrarea şi fixarea sculei pe coada tubulară şi în acest caz se realizează cu două suprafeţe cilindrice şi un filet pătrat, ale căror dimensiuni sunt date în tabelul 4.28.

d. Elemente de fixare a sculelor pentru găuri adânci. Îmbinarea demontabilă între sculă şi coada tubulară trebuie sa aibă o rezistenţă mare la torsiune şi compresiune, o concentricitate riguroasă pentru a obţine avansarea rectilinie şi o bună etanşeitate, pentru evacuarea aşchiilor cu ajutorul lichidului sub presiune. Pentru realizarea acestor condiţii, centrarea respectiv fixarea sculei faţă de tija de găurire se realizează prin două ajustaje cilindrice şi un filet pătrat, special, pe dreapta, cu un început. Partea de prindere filetată în interior (fig. 4.48,*a*) aparţine sculei şi are dimensiunile notate cu majuscule. Partea filetată exterior (fig. 4.48,*b*) aparţine cozii tubulare şi are dimensiunile notate cu minuscule.

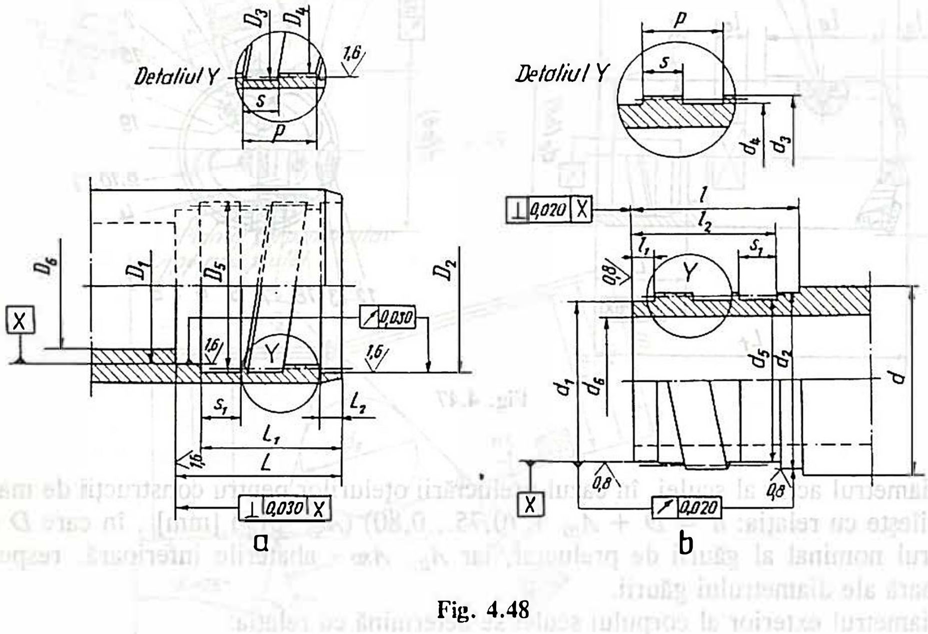


Fig. 4.48

Dimensiunile constructive ale acestor îmbinări se aleg în funcţie de diametrul de lucru şi tipul sculei pentru găuri adânci, din tabelul 4.28.

e. Alte construcţii de burghie pentru găuri adânci. Acestea sunt diferite de cele prezentate anterior prin plăcuţele utilizate şi prin îmbinarea filetată între sculă şi tija de găurire.

e1. Burghiul tip *Ejector*, cu plăcuţe schimbabile, produs de firma *Sandvik-Coromant* (fig. 4.49) utilizează plăcuţe triunghiulare cu sfărâmator de aşchii imprimat (*TPMR*), iar partea de centrare şi fixare este cu filet exterior.

Tabelul 4.28

Dimensiuni constructive ale îmbinării dintre sculă şi tijă

Diametrul sculei pentru găurire din plin şi inelară	Diametrul sculei pentru lărgire alezare	d	p	S (H12)	s (h10)	S_1	D_1(H7) d_1(g6)	D_2(H7) d_2(d9)	D_3(D11) d_3(d9)	D_4(D11) d_4(d9)	D_5 (H12)	d_5 (h10)	D_6 d_6	L	L_1	L_2	l	l_1	l_2
20-21,9	20-21,9	18					14,5	16,5	16,5	14,6	16,6	14,5	12						
22-24,9	22-24,9	20					16	19	18,5	16,5	18,8	16,5	13						
25-26,9	25-26,9	22					17	20	19,5	17,5	19,8	17,5	14						
27-29,9	27-29,9	24	10	5,1	4,95	5,5	19	22	21,5	19,5	21,8	19,5	15,5	25	21	3	26	5	23
30-31,9	30-31,9	26					21	24	23,5	21,5	23,8	21,5	17						
32-33,9	32-33,9	28					23	26	25,5	23,5	25,8	23,5	18,5						
34-36,9	34-36,9	30					24	27	26,5	24,5	26,8	24,5	20						
37-39,9	37-39,9	33					27	30	29,5	27,5	29,8	27,5	23						
40-43,9	40-46,9	36					30	33	32,5	30,5	33,0	30,5	25,5						
44-46,9	47-56,9	39	20	10,1	9,95	10,7	34	37	36,5	34,5	37,0	34,5	28	40	35	5	41	6	36
47-51,9	57-60,9	43					37	41	40,5	37,5	41,0	37,5	31						
52-56,9	61-67,9	47					40	44	43,5	40,5	44,0	40,5	35						
57-60,9	68-74,9	51					45	49	48,5	45,5	48,0	45,5	39						
61-67,9	75-80,9	56					49	53	52,5	49,5	53,0	49,5	43						
68-74,9	81-90,9	62					54	59	58,5	54,5	59,0	54,5	48						
75-80,9	91-98,9	68					60	65	64,5	60,5	65,0	60,5	53						
81-90,9	99-110,9	75					66	71	70,5	66,5	71,0	66,5	59						
91-98,9	111-122,9	82					74	79	78,5	74,5	79,0	74,5	66						
99-110,9	123-134,9	94	40	20,2	19,9	21	85	90	89,5	85,5	90,0	85,5	78	70	65	5	71	6	66
111-122,9	135-148,9	106					97	102	101,5	97,5	102	97,5	90						
123-134,9	149-161,9	118					109	114	113,5	109,5	114	109	102						
135-148,9	162-173,9	130					121	126	125,5	121,5	126	121	114						
149-161,9	174-185,9	142					134	139	138,5	134,5	139	134	126						
162-173,9	186-197,9	154					145	151	150,5	145,5	151	145	138						
174-185,9	198-209,9	166					157	163	162,5	157,5	163	157	150						
186-197,9	210-221,9	178					169	175	174,5	169,5	175	169	162	85	79	5	86	7	81
198-209,9	222-233,9	190	56	28,2	27,9	30	181	187	186,5	181,5	187	181	174						
210-221,9		202					193	199	198,5	193,5	199	193	186						

Părţile componente ale sculei, conform poziţiilor notate sunt următoarele: *1*- corpul sculei; *2*- suportul plăcuţei exterioare; *3*- suportul plăcuţei centrale; *4*- suportul plăcuţei intermediare; *5*- plăcuţă de ghidare; *6*- şurub; *7*- şaibă; *8*- arc; *9*- ştift filetat; *10*- şurub; *11*- şaibă; *12*- coadă tubulară cu filet interior. Această construcţie cu 3...6 plăcuţe aşchietoare se utilizează pentru diametre cuprinse între 65...180 mm.

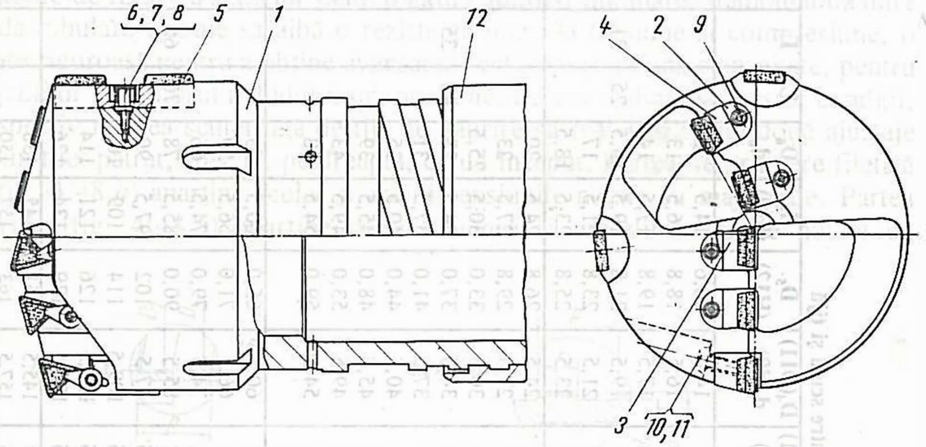


Fig. 4.49

e2. Burghiele cu plăcuţe schimbabile speciale, produse de firma *Botek* (fig. 4.50) pot fi construite pentru ambele sisteme de lucru *BTA* sau *Ejector*. Aceste burghie au avantajul important că permit reglarea diametrului de lucru, prin ajustarea fină a poziţiei plăcuţei exterioare sau prin schimbarea acesteia şi a plăcuţelor de ghidare. Domeniul de reglare este de 2,3...12 mm, în funcţie de diametrul corpului burghiului.

La diametre de lucru 28...73 mm burghiele se construiesc cu două plăcuţe prinse direct în locaşe corespunzătoare prelucrate în corpul burghiului (fig. 4.50,*a*). La diametre 73...112 mm burghiele se construiesc cu două sau trei plăcuţe schimbabile care se montează în casete speciale fixate în corpul burghiului (fig.4.50,*b*). Rezemarea şi conducerea sculei în procesul aşchierii sunt îmbunătăţite, burghiul fiind prevăzut cu trei plăcuţe de ghidare..

f. Scule pentru găurire inelară. Sunt destinate prelucrării dintr-o trecere a găurilor cu diametre 47...365 mm, prin aşchierea unei părţi a materialului din interiorul găurii, restul fiind recuperat sub forma unui miez.

Aceste scule prezintă câteva avantaje faţă de cele pentru găurire din plin şi anume: posibilitatea recuperării miezului, forţe şi puteri de aşchiere mai mici, construcţie mai simplă şi consumuri mai mici de plăcuţe aşchietoare. Totuşi productivitatea acestora este mai mică, avansul fiind mai mic decât la sculele pentru găurirea din plin.

f1. Scule cu plăcuţe lipite. Au forma constructivă şi elementele geometrice prezentate în figura 4.51. Lama port-plăcuţă aşchietoare se fixează pe corpul sculei printr-un sistem de pană paralelă, iar lamele portplăcuţe de ghidare se fixează în canale

trapezoidale.

Diametrul de lucru, în cazul prelucrării oţelurilor pentru construcţii de maşini se stabileşte cu relaţia: $d = D + A_{ID} + (0,75...0,85)\ (A_{SD} - A_{ID})$ [mm], în care D este diametrul nominal al găurii de prelucrat, iar A_{ID}, A_{SD} - abaterile inferioară, respectiv superioară ale diametrului.

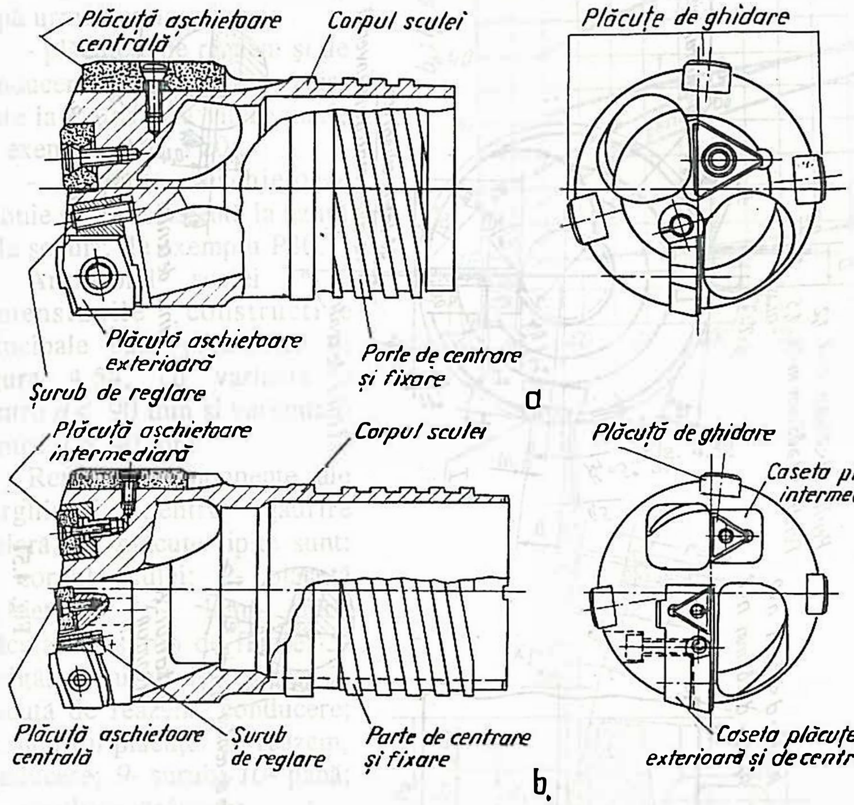


Fig. 4.50

Pentru stabilirea unor elemente constructive ale sculei în funcţie de diametrul de lucru se recomandă utilizarea diagramei din fig. 4.52.

Parametrii geometrici şi constructivi ai sculei cu tăişul principal divizat pentru fragmentarea aşchiilor, în trei trepte sunt prezentaţi în fig. 4.53. Unghiurile treptelor tăişului principal $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$ se stabilesc având în vedere obţinerea unei apăsări permanente asupra plăcuţei de conducere (poziţia *II*). Dacă se consideră $b_1 = b_2 = b_3 = b_a/3$, coeficientul forţelor radiale se exprimă prin relaţia: $K_r = (tg\ \varkappa_1 + tg\ \varkappa_2)\ /\ tg\ \varkappa_3$ şi trebuie să aibă valori supraunitare cuprinse între limitele $K_r = 1.6...2.4$.

Pentru fragmentarea aşchiilor sunt prevăzute praguri sfărâmătoare, în două trepte impuse de configuraţia tăişului. Lăţimea acestor praguri este în limitele: $t = 1,4...2,2$ mm, în care valorile mici se utilizează la prelucrarea oţelurilor cu duritate mică iar valorile mari la oţeluri cu duritate mare.

trapezoidale.

Diametrul de lucru, în cazul prelucrării oțelurilor pentru construcții de mașini se stabilește cu relația $d = D + A_m$; $A_m = (0,75...0,85)(A_s - A_i)$ [mm], în care D este diametrul nominal al găurii de prelucrat, iar A_s, A_i – abaterile inferioară, respectiv superioară ale diametrului.

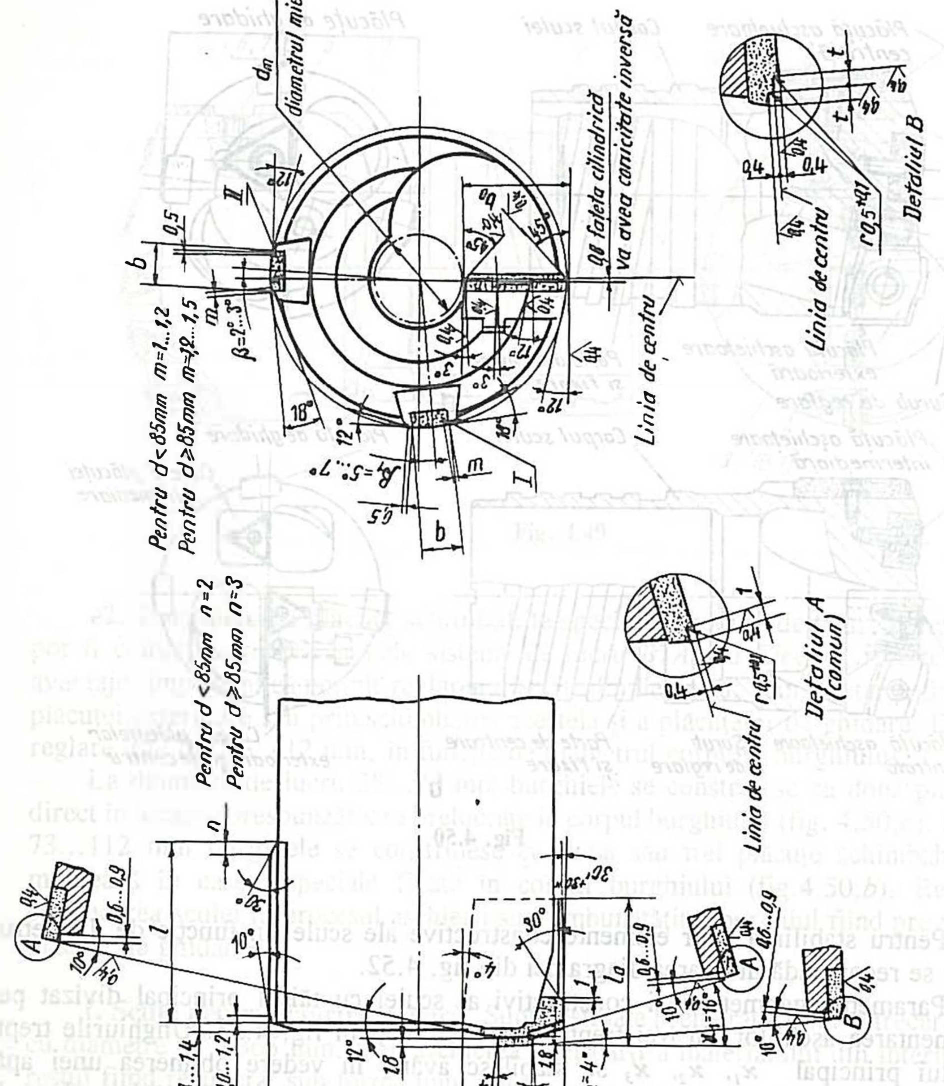


Fig. 4.51

Pentru stabilirea ... elementelor constructive ale sculei în funcție de diametrul de lucru se recomandă nomograma din fig. 4.52.

Parametrii geometrici constructivi ai sculei cu tăiș principal divizat pentru fragmentarea așchiilor ... lungimile treptelor tăișului principal $\varkappa_1$, $\varkappa_2$, $\varkappa_3$ se stabilesc având în vedere obținerea unei apăsări permanente asupra plăcuței de conducere (poziția II). Dacă se consideră $b_1 = b_2 = b_3 = b_0/3$, coeficientul forțelor radiale se exprimă prin relația $K_r = (tg\,\varkappa_1 + tg\,\varkappa_2)/tg\,\varkappa_3$ și trebuie să aibă valori supraunitare cuprinse între limitele $K_r = 1,6...2,4$.

Pentru fragmentarea așchiilor sînt prevăzute praguri sfărîmătoare, în două trepte impuse de configurația tăișului. Lățimea acestor praguri este în limitele $l = 1,4...2,2$ mm, în care valorile mici se utilizează la prelucrarea oțelurilor cu duritate mică iar valorile mari la oțeluri cu duritate mare.

Dimensiunile plăcuţelor aşchietoare, care se recomandă să fie încadrate într-o serie normală pentru micşorarea sortimentului de tipodimensiuni şi pentru uşurarea proiectării sunt date în tabelul 4.29.

Calităţile plăcuţelor aşchietoare în cazul sculelor pentru găurire inelară se aleg după următoarele criterii:

- plăcuţele de reazem şi de conducere trebuie să fie rezistente la uzură şi la viteze mari, de exemplu P10, P20;
- plăcuţa aşchietoare trebuie să fie rezistentă la uzură şi la şocuri, de exemplu P30.

Ansamblul sculei şi dimensiunile constructive principale sunt prezentate în figura 4.54, cu varianta *a* pentru $d < 90$ mm şi varianta *b* pentru $d > 90$ mm.

Reperele componente ale burghiului pentru găurire inelară, cu plăcuţe lipite sunt: *1*- corpul sculei; *2*- plăcuţă aşchietoare; *3*- lama portplăcuţă; *4*- şurub de fixare; *5*- piuliţă; *6*- şurub de reglare; *7*- plăcuţă de reazem, conducere; *8*- suportul plăcuţei de reazem, conducere; *9*- şurub; *10*- pană; *11*- şurub de strângere.

Dimensiunile constructive principale ale sculei se determină cu relaţiile următoare:

- diametrul exterior al corpului sculei,

$d_e = d - (2,5...6,5)$ [mm];

- lungimea corpului sculei

pentru $d \leq 90$ mm,

$l_c = l'' + l_a + L + (8...28)$ [mm];

pentru $d > 90$ mm,

$l_c = l' + l_a + L + (8...28)$ [mm].

Lama portplăcuţă aşchietoare se poate deplasa în direcţie axială pentru repoziţionare după fiecare reascuţire.

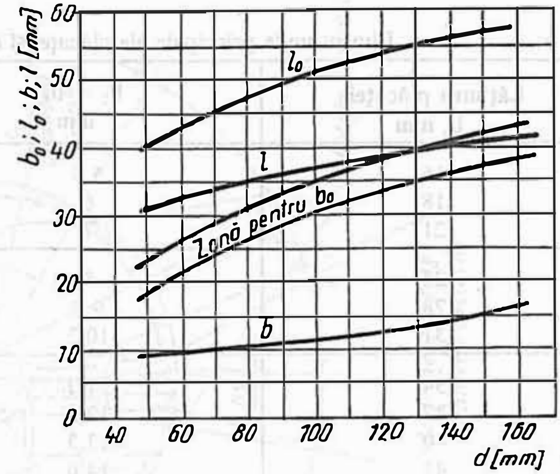


Fig. 4.52

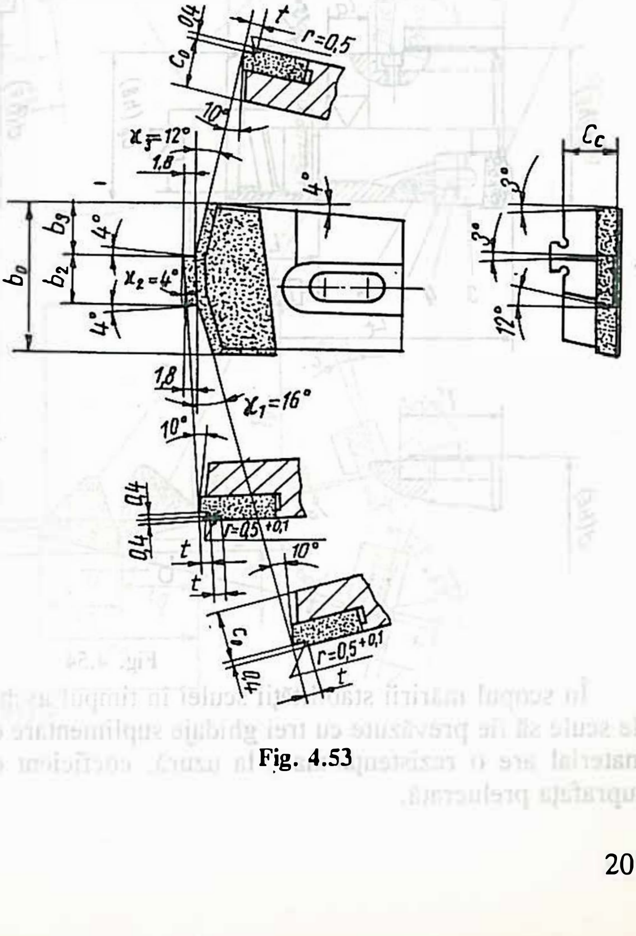


Fig. 4.53

f2. Scule pentru găurire inelară cu plăcuţe schimbabile. Dispunerea plăcuţelor aşchietoare, a plăcuţelor de reazem - conducere şi principalii parametrii geometrici şi dimensionali ai acestor scule sunt prezentaţi în figura 4.55.

Tabelul 4.29

Dimensiunile principale ale plăcuţei şi ale lamei port-plăcuţă

Lăţimea plăcuţei b_o mm	$b_2 = b_3$ mm	C_o mm
16	5,5	6,5
18	6	7
21	7	7,5
24	8	9,5
28	9,3	12,5
31	10,3	15,5
34	11,3	
37	12,3	17,5
40	13,3	
44	14,6	

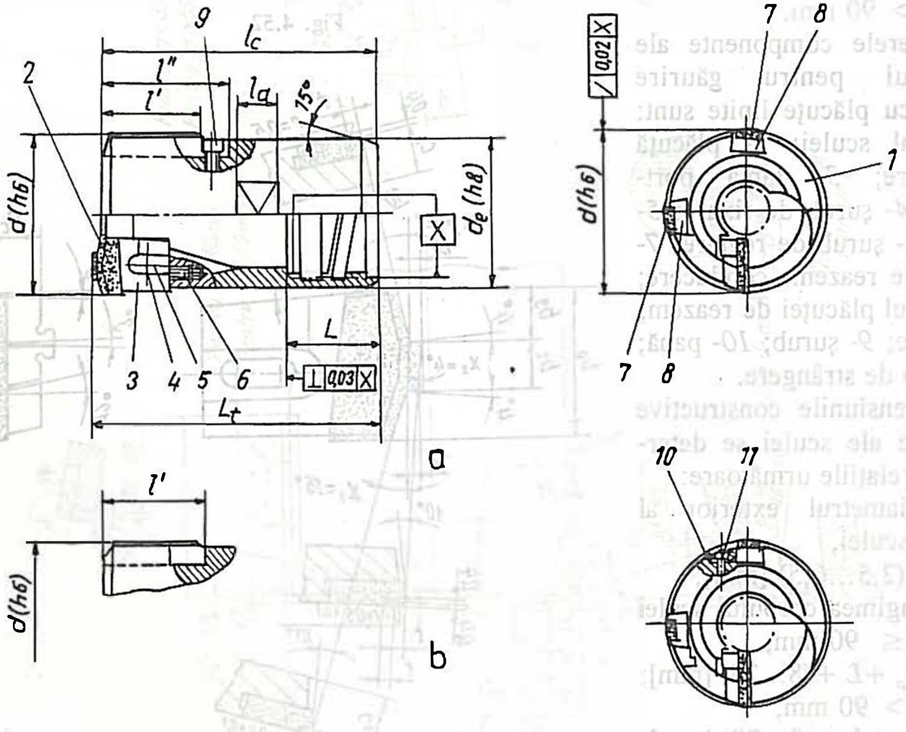
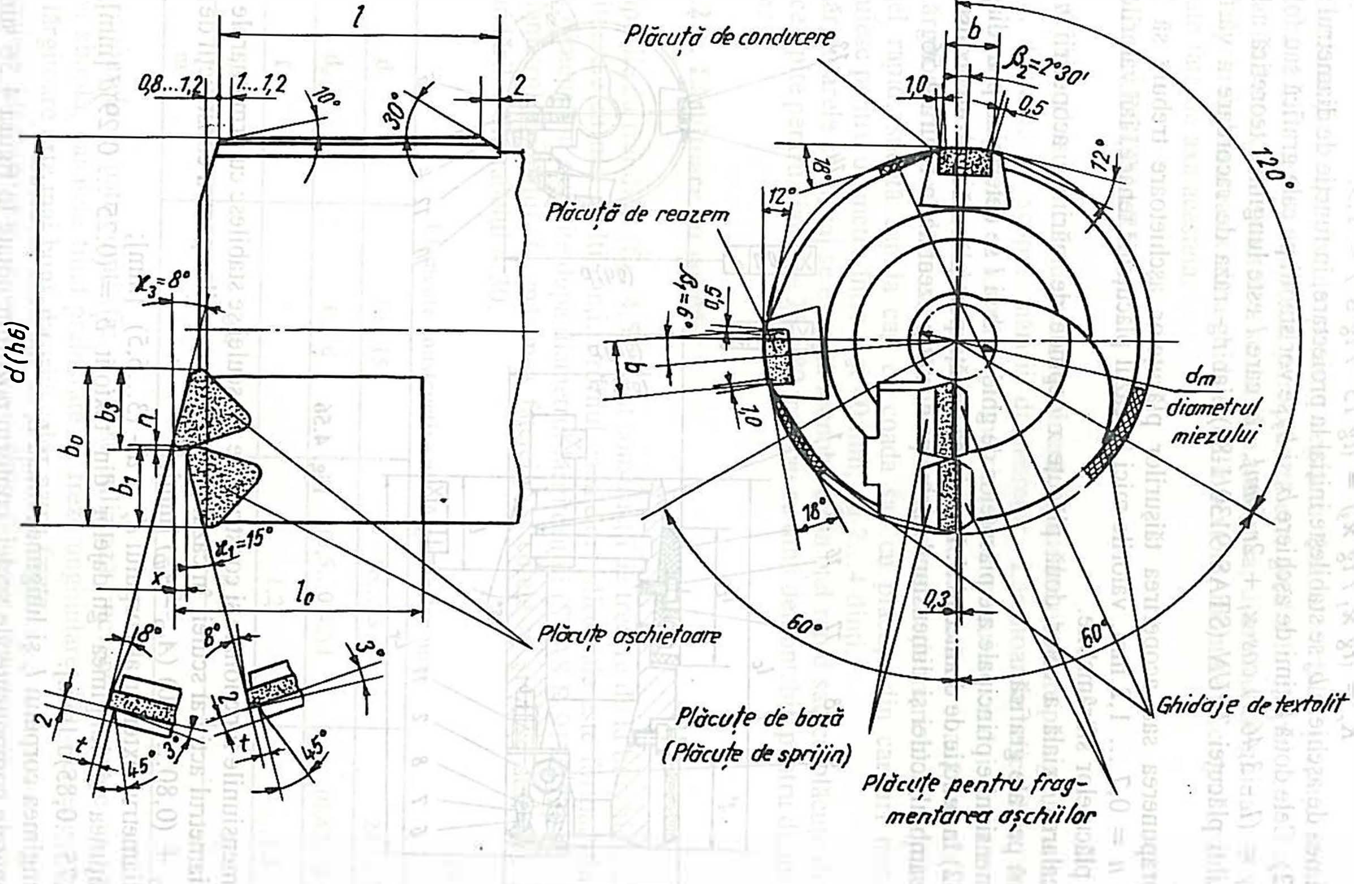


Fig. 4.54

În scopul măririi stabilităţii sculei în timpul aşchierii se recomandă ca aceste tipuri de scule să fie prevăzute cu trei ghidaje suplimentare din textolit, dispuse la 120°. Acest material are o rezistenţă mare la uzură, coeficient de frecare mic şi nu deteriorează suprafaţa prelucrată.


l
0,8...1,2
1...1,2
10°
30°
2
d(h6)
χ_3=8°
b_0
b_3
b_1
n
χ_1=15°
x
l_0
8°
8°
3°
2
2
t
t
45°
3°
45°
Plăcuțe așchietoare
Plăcuță de conducere
b
β_2=2°30'
1,0
0,5
120°
12°
18°
12°
Plăcuță de reazem
β_1=6°
0,5
b
1,0
dm
diametrul
miezului
18°
0,3
60°
60°
Ghidaje de textolit
Plăcuțe de bază
(Plăcuțe de sprijin)
Plăcuțe pentru fragmentarea așchiilor
Fig. 4.55

Orientarea muchiilor plăcuţelor aşchietoare, respectiv unghiurilor $\varkappa_1$ şi $\varkappa_3$ se stabilesc astfel încât coeficientul forţelor radiale să fie supraunitar:

$$K_r = (tg\ \varkappa_1 / tg\ \varkappa_3) = (tg\ 15° / tg\ 8°) \approx 1,9.$$

Lăţimea de aşchiere b_o se stabileşte iniţial la proiectare, în funcţie de diametrul sculei (fig. 4.52). Cele două lăţimi de aşchiere b_1 şi b_3 se vor stabili pe cale grafică sau folosind relaţia $b_i = (l - 3,46\ r)\ cos\ \varkappa_i + 2r\ [mm]$, în care l este lungimea teoretică a laturii triunghiului plăcuţei *TPUN* (STAS 9130/1-80), iar r - raza de racordare a vârfurilor plăcuţei.

Suprapunerea sau acoperirea tăişurilor plăcuţelor aşchietoare trebuie să fie în limitele: n = 0,7 ... 1,2 mm, valorile mici în cazul plăcuţelor tenace, iar valorile mari în cazul plăcuţelor sfărâmabile.

Decalarea axială a celor două plăcuţe x depinde de mărimea acoperirii n şi se determină pe cale grafică.

Dimensiunile principale ale plăcuţelor de ghidare b şi l se determină prin diagrama (fig. 4.52) în funcţie de diametrul d. Lungimea unităţii port-plăcuţă l_o rezultă constructiv.

Ansamblul sculei şi dimensiunile principale sunt prezentate în figura 4.56.

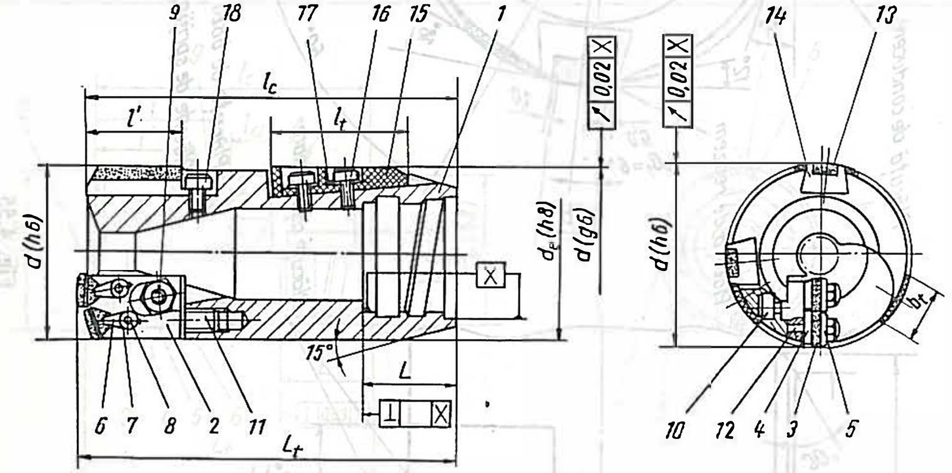


Fig. 4.56

Dimensiunile funcţionale şi constructive ale sculei se stabilesc cu următoarele relaţii:

- diametrul activ al sculei, în cazul prelucrării oţelurilor pentru construcţii de maşini $d = A_{ID}$ + (0,80...0,90) $(A_{SD} - A_{ID})$ [mm];

- diametrul exterior al corpului $d_e = d$ - (3...6,5) [mm];

- lăţimea şi lungimea ghidajelor din textolit b_t = (0,25 ... 0,29)d [mm], l_t = (0,75...0,85)d [mm].

Lungimea corpului l_c şi lungimea totală L_t se stabilesc constructiv.

Reperele componente ale sculei, conform poziţiilor notate în figura 4.56 sunt: *1*- corpul sculei; *2*- corpul plăcuţei; *3*- plăcuţă aşchietoare tip *TPUN*; *4*- plăcuţă de sprijin; *5*- plăcuţă sfărâmător de aşchii; *6*- bridă de strângere; *7*- şurub; *8*- arc inelar; *9*- piuliţă;

10- şurub; *11*- şurub de reglare; *12*- şurub; *13*- plăcuţă de reazem, conducere; *14*- suportul plăcuţei de reazem, conducere; *15*- ghidaj din textolit; *16*- şurub; *17*- şaibă; *18*- şurub.

Construcţia acestei scule permite reglarea fină a vârfului plăcuţei exterioare la diametrul dorit deoarece suportul port-plăcuţă este ghidat în corpul sculei într-un canal înclinat faţă de axa de simetrie a sculei. De asemenea, diametrul de ghidare al sculei este reglabil prin deplasarea axială a ghidajelor din textolit, montate în corpul sculei în canale înclinate faţă de axa acesteia.

4.2. LĂRGITOARE

Lărgitoarele sunt scule destinate prelucrării găurilor obţinute prin găurire cu burghie, turnare, forjare, în scopul măririi diametrelor. Lărgitoarele elicoidale sunt scule asemănătoare burghielor ca formă şi geometrie şi se construiesc cu doi, trei sau mai mulţi dinţi. În funcţie de diametrul exterior lărgitoarele se execută cu coadă sau cu alezaj.

Lărgitoarele cu coadă se execută sub formă de construcţie monobloc, cu partea activă din oţel rapid, sudată cap la cap cu coada sau cu plăcuţe din carburi metalice. Se construiesc pentru diametre între 5 şi 40 mm, cu 2...4 dinţi.

Lărgitoarele cu alezaj se execută monobloc din oţel rapid sau cu plăcuţe din carburi metalice lipite pentru diametre 25...80 mm sau cu dinţi demontabili pentru diametre peste 80 mm.

4.2.1. Lărgitoare cu coadă

Tipurile cu trei dinţi (fig. 4.57) sunt construcţii de trecere de la burghiele elicoidale la lărgitoarele cu mai mulţi dinţi. Profilul canalelor elicoidale este format din arce de cerc cu dimensiuni stabilite după diametrul lărgitorului (STAS R 9175-72).

Diametrul miezului d_o, mărimea faţetei f şi cotele m şi n se stabilesc conform recomandărilor din tabelul 4.30.

Tabelul 4.30

Elemente constructive ale lărgitoarelor mm

d	10...15	16...23	24...32
d_o	0,5 d	(0,5...0,42)d	(0,42...0,4)d
f	1	1,2	1,5
n	0,4	0,6	0,7
m	1,2	2...2,5	3

Lărgitoarele cu patru dinţi (fig. 4.58) se utilizează frecvent, deoarece au o execuţie mult mai simplă, canalele fiind prelucrate cu freze unghiulare. De asemenea, ghidarea acestor lărgitoare este mai bună datorită celor patru faţete.

Canalele lărgitoarelor se execută cu elice normală, pe dreapta, cu unghiul de înclinare $\omega = 15°...30°$, stabilit în funcţie de calitatea materialului de prelucrat. Unghiul de aşezare optim este de 8°...12° şi se obţine prin ascuţire elicoidală sau conică,

la fel ca la burghie, sau prin ascuţire plană, cu faţetă (tip *B*, fig 4.56).

Unghiul de degajare optim trebuie să asigure obţinerea unor momente de aşchiere minime, fără slăbirea importantă a rezistenţei tăişurilor; se recomandă valorile $\gamma = 8°... 15°$ la prelucrarea oţelurilor, $\gamma = 6°... 10°$ la prelucrarea fontei şi $\gamma = 15°...25°$ la prelucrarea aliajelor uşoare. Dacă acest unghi nu rezultă la valoarea necesară din forma şi înclinarea canalelor pentru aşchii, el poate fi micşorat prin ascuţire suplimentară pe faţa de degajare.

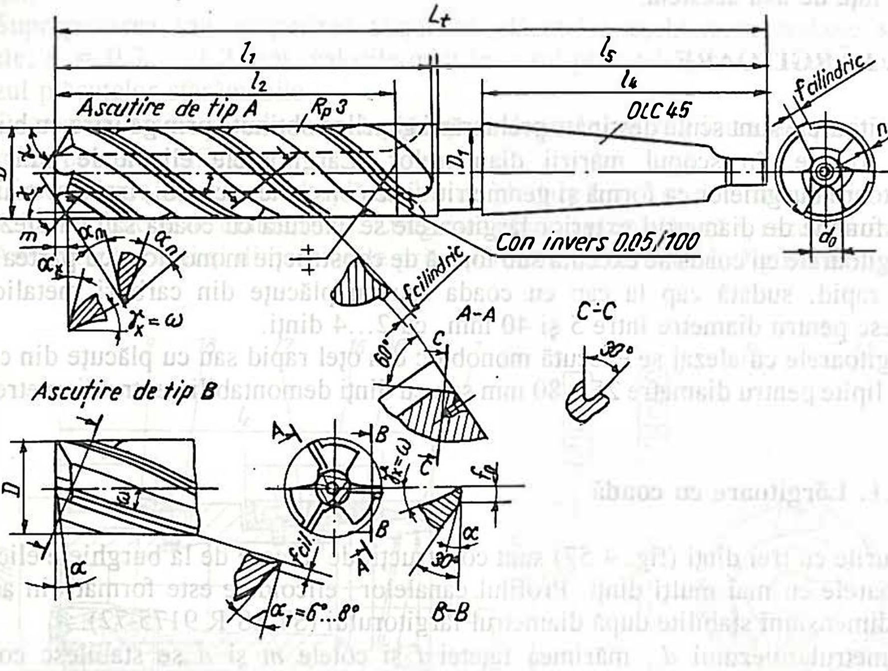


Fig. 4.57

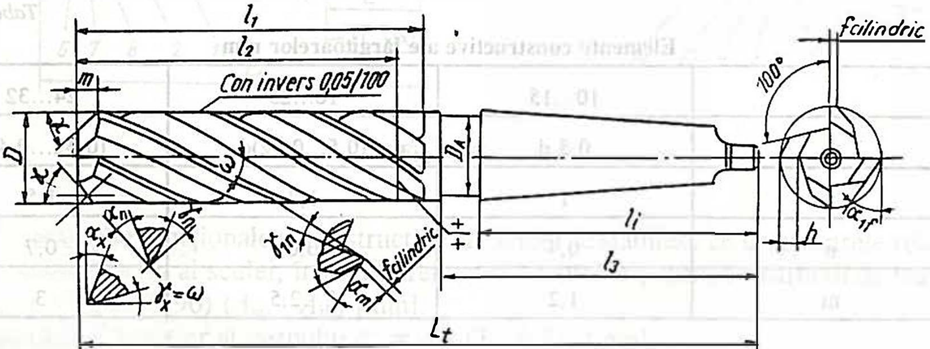


Fig. 4.58

Valorile recomandate pentru unghiul de atac sunt $\varkappa = 60°$ pentru prelucrarea oţelurilor şi fontelor şi $\varkappa = 45°$ pentru prelucrarea aliajelor uşoare.

Faţetele lărgitoarelor se rectifică cu o conicitate inversă 0,05...0,1 mm la 100 mm

lungime în scopul micşorării frecării lor cu suprafaţa prelucrată. Coada lărgitoarelor este de formă cilindrică sau con *Morse*, cu dimensiunile în funcţie de diametrul părţii active.

Unghiul de înclinare a muchiei la lărgitoare se recomandă să fie negativ, pentru mărirea rezistenţei mecanice şi capacităţii termice a tăişului principal; uzual are valori $\lambda = 0...-10°$.

Unghiurile constructive şi funcţionale ale lărgitoarelor sunt variabile în lungul tăişului, ca şi la burghiele elicoidale, iar determinarea lor se face cu aceleaşi relaţii (cap. 4.1). Deoarece lungimea tăişurilor este mult mai mică decât la burghie variaţia unghiurilor este mică, iar la proiectare stabilirea lor se face pentru diametrul exterior.

Diametrul exterior al lărgitorului se stabileşte după natura prelucrării la care este folosit şi toleranţa de execuţie astfel: - pentru prelucrări intermediare $d_s = (D_{np})\ h\ 8$; - pentru prelucrari finale $d_s = (D_{np} + 0{,}5\ A_i + 0{,}5\ A_s)\ h\ 6$, în care d_s este diametrul sculei, D_{np} - diametrul nominal al găurii de prelucrat, iar A_i şi A_s - abaterile diametrului găurii.

Parametrii geometrici şi constructivi ai părţii aşchietoare a lărgitoarelor cu 2, 3 şi 4 dinţi, pentru oţeluri şi aliaje neferoase sunt stabiliţi în STAS R 9175-72.
Lărgitoarele elicoidale cu trei sau patru dinţi pentru prelucrarea fontei se recomandă să aibă tăişuri din carburi metalice (fig 4.59).
Canalele elicoidale pentru evacuarea aşchiilor, înclinate cu $\omega = 20°$ au frezate locaşuri pentru plăcuţe înclinate cu 15°. Profilul spatelui dinţilor se execută cu faţetă proeminentă, ca la burghie (tip *I*) sau din segmente de dreaptă (tip *II*) ca la freze. Corpul acestor lărgitoare se execută din oţel rapid sau din oţel de scule carbon.

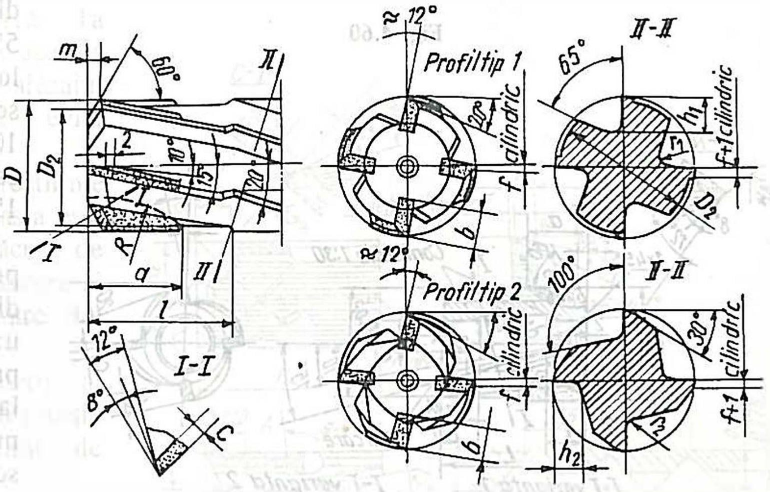


Fig. 4.59

4.2.2. Lărgitoare cu alezaj

Se execută pentru diametre 25...80 mm, având patru dinţi elicoidali (fig 4.60), cu spate parabolic, arc de cerc sau segmente de dreaptă. Unghiul canalelor este mai mic decât la lărgitoarele cu coadă şi anume $\omega = 10°...15°$ datorită diametrelor mai mari.

Lărgitoarele cu alezaj, cu tăişuri din carburi metalice (fig. 4.61) se construiesc în mod similar cu cele cu coadă, având aceeaşi geometrie şi spatele dintelui arc de cerc sau segmente de dreaptă. Corpul sculei este din oţel rapid, iar plăcuţele sunt lipite în canale frezate înclinate la 15°.

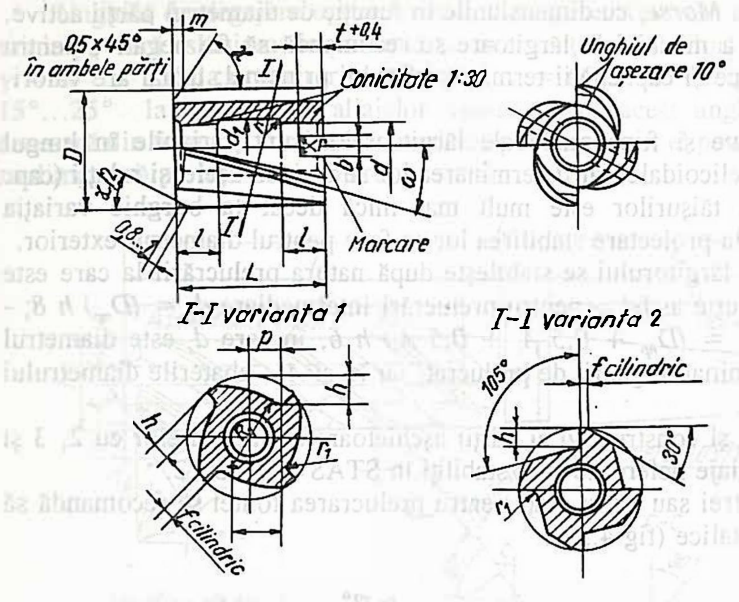


Fig. 4.60

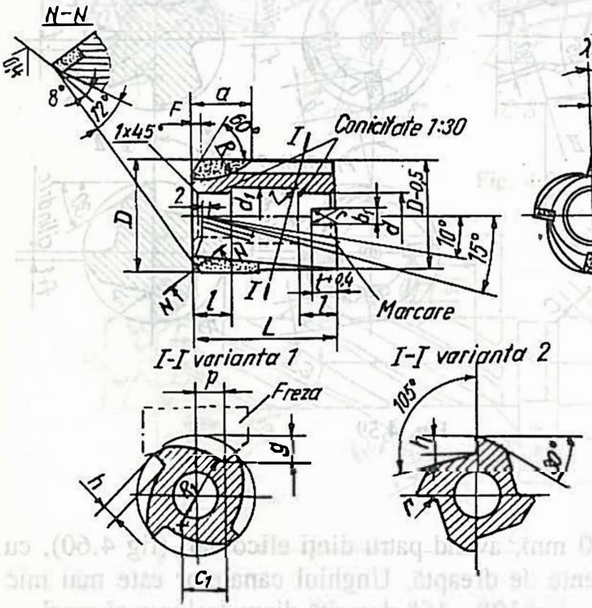


Fig. 4.61

4.2.3. Lărgitoare cu dinţi demontabli

Se utilizează pentru diametre peste 80 mm şi au 4… 8 dinţi în funcţie de diametrul sculei (fig. 4.62).

Corpul lărgitorului *1*, construit din oţel 40C10 este prevăzut cu canale înclinate la 10°… 15°, în care se montează lamele *2*, (dinţii) din oţel rapid. Îmbinarea lamelor cu corpul se face prin zimţi cu pasul de 1,5 mm şi printr-o împănare. Lamele au faţa unde sunt dispuşi zimţii înclinată cu 5°, iar partea zimţată a locaşului din corpul sculei este înclinată cu 10° faţă de axa sculei, canalul fiind înclinat cu 15°.

Această construcţie permite reglarea la dimensiunile iniţiale după uzarea lărgitorului printr-o deplasare a lamelor spre exterior, mărind astfel diametrul sculei. Construcţia este sigură în privinţa rezistenţei fixării dinţilor dar nu permite reglarea axială a tăişurilor. Acest dezavantaj se poate elimina prin adaosuri subţiri din tablă care se montează în locaş împreună cu lamele.

Şi la aceste lărgitoare tăişurile pot fi din carburi metalice, lamele având forma din figura 4.63, cu plăcuţe speciale lipite (STAS 6373/3-80). Corpul este prevăzut cu canale pentru evacuarea

aşchiilor, având de obicei sensul dreapta. Corpul şi lamele se execută separat şi numai după tratamentul termic şi rectificarea feţelor se asamblează şi se trece la rectificarea pe circumferinţă şi ascuţirea părţii aşchietoare.

Bătaia admisibilă a tăişurilor de pe partea cilindrică faţă de alezaj este 0,03 mm, iar bătaia tăişurilor de pe conul de aşchiere se limitează la maximum 0,05mm.

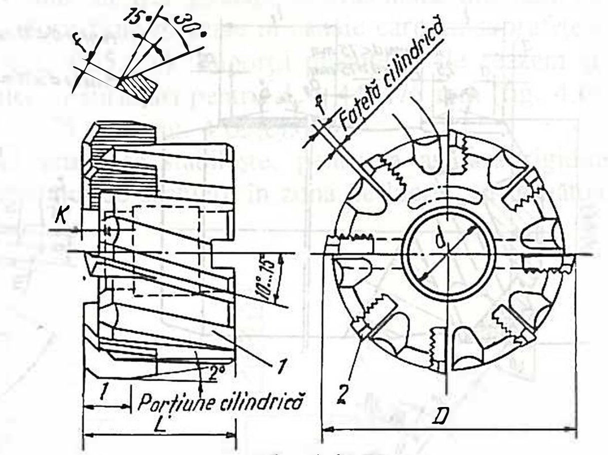


Fig. 4.62

4.2.4. Lărgitoare pentru găuri adânci

Aceste scule cu construcţii speciale se folosesc la lărgirea semifabricatelor sau ţevilor cu diametre peste 20 mm, pe lungimi mari, în scopul măririi preciziei geometrice şi micşorării rugozităţii. O problemă importantă care trebuie soluţionată la proiectarea şi execuţia acestor scule este ghidarea pe alezajul prelucrat, pentru a evita devierea axei.

Pentru avansarea rectilinie a sculei de lărgire aceasta este prevăzută cu două plăcuţe de reazem, respectiv conducere şi trei ghidaje suplimentare din textolit (fig. 4.64).

Diametrul de lucru al sculei d se calculează în funcţie de diametrul alezajului de prelucrat:

$d = D + A_{ID} + (0,75...0,85)(A_{SD} - A_{ID})$

în care D este diametrul nominal al alezajului de prelucrat, iar A_{ID}, A_{SD} - abaterile inferioară, respectiv superioară ale diametrului.

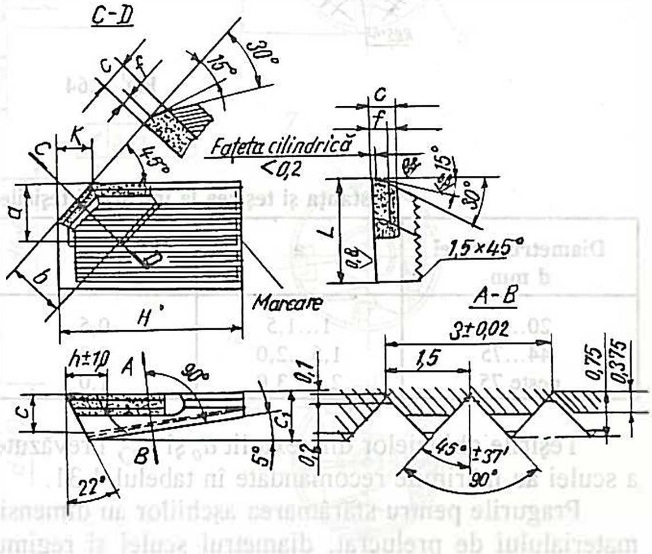


Fig. 4.63

Lăţimea plăcuţelor de reazem, conducere se determină cu relaţia empirică:

$$b = (0,07...0,25)\,d\ [\text{mm}],$$

în care coeficienţii mari se utilizează pentru diametre mici, iar coeficienţii mici se utilizează pentru diametre mari. Lungimea plăcuţelor de reazem, conducere se stabileste constructiv, în funcţie de poziţia şurubului de reglare (fig. 4.65, poz. 6).

Pentru angajarea şi conducerea corectă a sculei mărimile distanţei şi teşirii la intrare

a' sunt cele recomandate în tabelul 4.31.

Lăţimea şi lungimea ghidajelor din textolit, aşezate la 120° se stabilesc cu relaţiile:

$$b_t = (0,25...0,31)\ d; \quad l_t = (0,80...0,90)\ d.$$

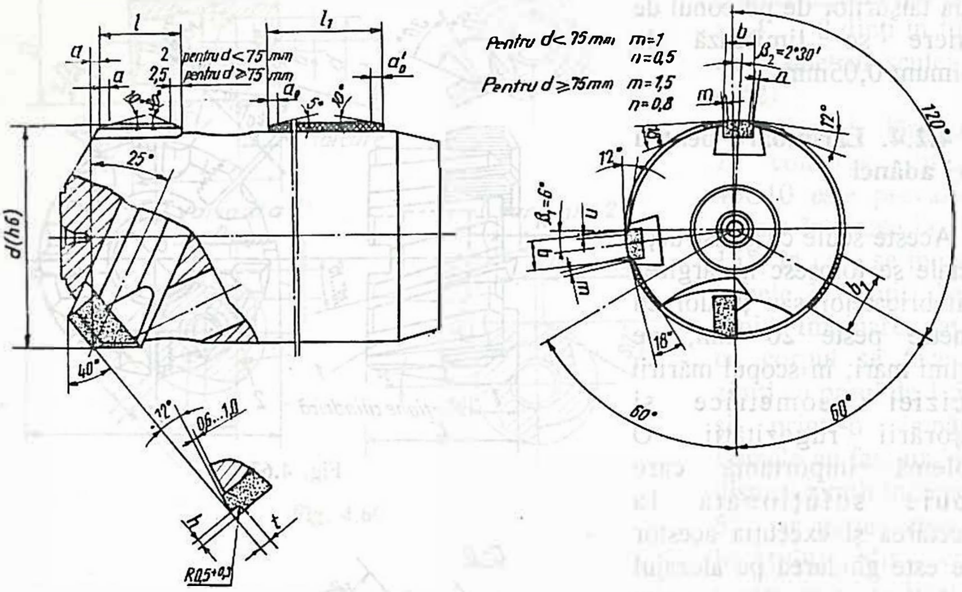


Fig. 4.64

Tabelul 4.31

Distanţa şi teşirea la intrare şi teşirile ghidajelor, mm

Diametrul sculei d mm	a	a'	a_o	a_o'
20...44	1...1,5	0,5	2...4	4...6
44...75	1,5...2,0	0,8		
peste 75	2,0...3,0	1,0	3...5	5...7

Teşirile ghidajelor din textolit a_0 şi a_0', prevăzute pentru a facilita alunecarea axială a sculei au mărimile recomandate în tabelul 4.31.

Pragurile pentru sfărâmarea aşchiilor au dimensiuni stabilite în funcţie de duritatea materialului de prelucrat, diametrul sculei şi regimul de aşchiere utilizat. Lăţimea şi înălţimea acestor praguri se aleg în următoarele limite: t=1,5...2,2 [mm], h=0,5...0,6 [mm].

Lăţimile mici se utilizează de regulă pentru materiale moi şi avansuri mici, iar lăţimile mari se utilizează în cazul prelucrării materialelor dure şi al avansurilor mari. Pentru a asigura precizie dimensională ridicată alezajului prelucrat şi durabilitate mare sculei se recomandă ca plăcuţa aşchietoare şi plăcuţele de reazem, conducere să fie construite din carburi metalice rezistente la uzură şi la viteze mari de aşchiere, de exemplu P10, P20.

În funcţie de diametrul activ sculele pentru lărgire se execută în trei variante constructive (fig. 4.65), la toate fiind posibilă reglarea cuţitului pe direcţia radială. Sculele cu diametrul de lucru 20...44 mm nu au ghidaje de textolit, iar plăcuţele de reazem şi de conducere sunt lipite pe corpul sculei (fig. 4.65;*a*).

Sculele cu diametre peste 44 mm au trei ghidaje suplimentare din textolit cu posibilitatea de reglare la diametrul dorit fiind montate în canale care au suprafeţele de bază înclinate faţă de axa sculei (fig. 4.65,*b*,*c*). Suporţii plăcuţelor de reazem şi de conducere se fixează pe corpul sculei cu şuruburi pentru d = 44...75 mm (fig. 4.65,*b*) sau cu pană de strângere, pentru d > 75 mm (fig. 4.65,*c*).

Diametrul exterior al corpului sculei se stabileşte, pentru a asigura rigiditatea necesară a sculei şi pătrunderea lichidului de aşchiere în zona de lucru, cu următoarea relaţie: $d_e = d - (2...6{,}5)$ [mm].

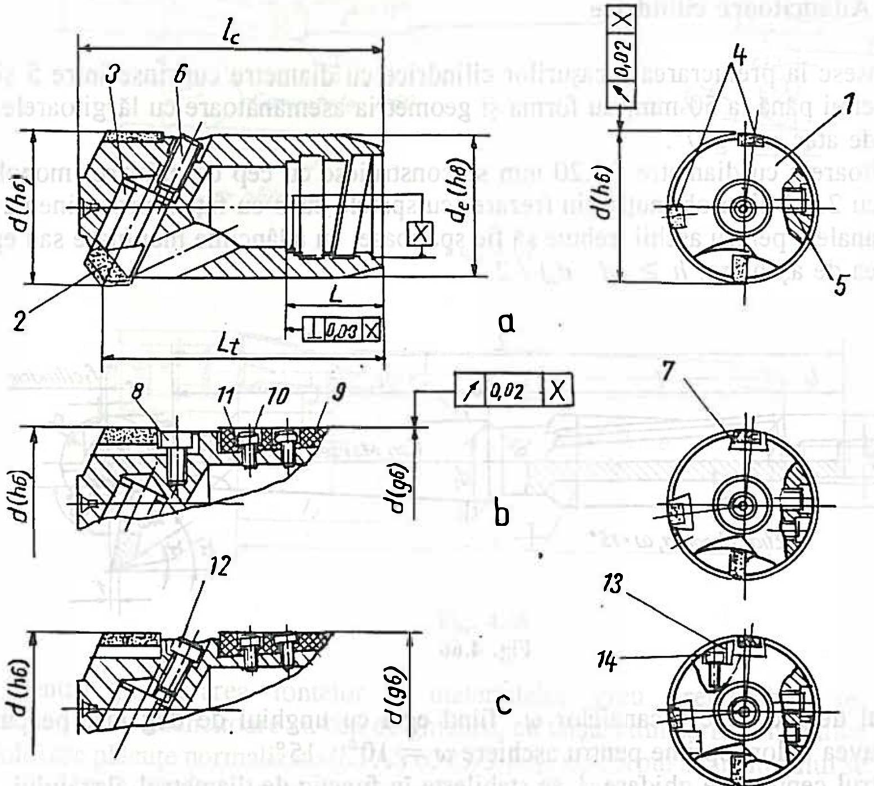


Fig. 4.65

Lungimea corpului sculei L_c şi distanţa L_t de la vârful cuţitului la partea de fixare se stabilesc constructiv. Piesele componente ale ansamblului general în cele trei variante (fig. 4.65) sunt notate cu poziţiile: *1*- corpul sculei; *2*- plăcuţă aşchietoare; *3*- corpul cuţitului; *4*- plăcuţă de reazem, conducere; *5*- şurub de strângere cuţit; *6*- şurub reglare cuţit; *7*-

suportul plăcuţei de reazem, conducere; *8*- şurub; *9*- ghidaj din textolit; *10*- şurub; *11*- şaibă; *12*- şurub reglare cuţit; *13*- pană; *14*- şurub de strângere.

Sculele pentru lărgirea găurilor adânci se construiesc şi cu plăcuţe schimbabile în scopul măririi capacităţii de aşchiere şi restabilirii rapide a calităţilor aşchietoare în cazul uzării sau deteriorării tăişurilor. Construcţia acestor scule este cu totul similară cu cea a sculelor cu plăcuţe lipite, cu excepţia cuţitelor care sunt cu fixare mecanică a plăcuţelor triunghiulare tip *TPUN*.

4.3. ADÂNCITOARE

Adâncitoarele sunt scule folosite la prelucrarea unor suprafeţe plane, cilindrice, conice sau profilate legate de anumite găuri.

4.3.1. Adâncitoare cilindrice

Se folosesc la prelucrarea locaşurilor cilindrice cu diametre cuprinse între 5 şi 60 mm şi adâncimi până la 50 mm; au forma şi geometria asemănătoare cu lărgitoarele dar au unghiul de atac $\varkappa = 90°$.

Adâncitoarele cu diametre 5...20 mm se construiesc cu cep de ghidare, monobloc (fig. 4.66) cu 2...4 dinţi obtinuţi prin frezare, cu spatele curb cu faţeta proeminentă sau în unghi. Canalele pentru aşchii trebuie să fie spaţioase, cu adâncime mai mare sau egală cu adâncimea de aşchiere: $h \geq (d - d_o) / 2$.

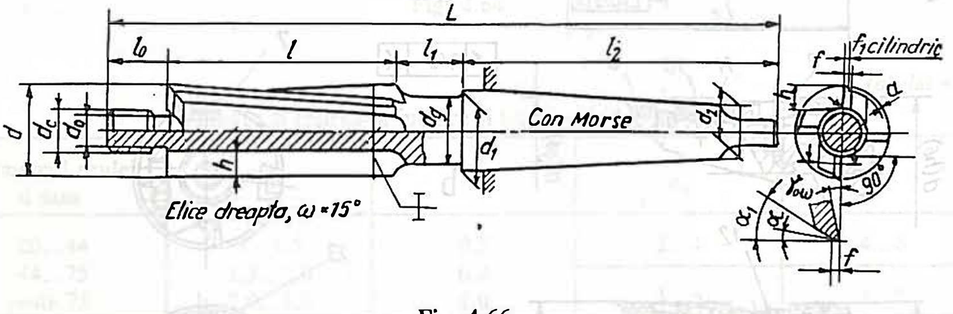


Fig. 4.66

Unghiul de înclinare a canalelor ω fiind egal cu unghiul de degajare pe partea frontală va avea valori optime pentru aşchiere $\omega = 10°...15°$.

Diametrul cepului de ghidare d_c se stabileşte în funcţie de diametrul alezajului, aşa încât să formeze cu acesta un ajustaj alunecător sau semiliber.

Adâncitoarele cu diametre peste 20 mm se execută cu cep de ghidare demontabil (fig. 4.67). Această soluţie este avantajoasă faţă de construcţia anterioară mai ales în ce priveşte reascuţirea pe partea frontală, pentru care cepul de ghidare se demontează. De asemenea cepul de ghidare se poate schimba dacă este uzat sau dacă adâncitorul se utilizează la un alt diametru al alezajului.

Unghiul de aşezare pentru tăişurile frontale este $\alpha = 7°...10°$, iar pentru tăişurile secundare se prevede $\alpha_1 = 3°...8°$ pe faţeta de aşezare, cu lăţime $f_1 = 0,5...0,8$ mm şi

fațete cilindrice f = 0,1...0,2 mm.

Cepurile de ghidare se execută din oțeluri de cementare, se cementează pe adâncime de 0,8...1,2 mm şi se călesc la duritatea 56...60 HRC. Cepul de ghidare se fixează prin coada conică (fig. 4.67) sau prin coada cilindrică şi asigurare cu ştift filetat (fig. 4.68), la unele construcții mai noi de adâncitoare, cu diametre de 12,5...50 mm.

Adâncitoarele cu cep de ghidare se execută sudate cap la cap, cu partea activă din oțel rapid şi coadă din OLC 45.

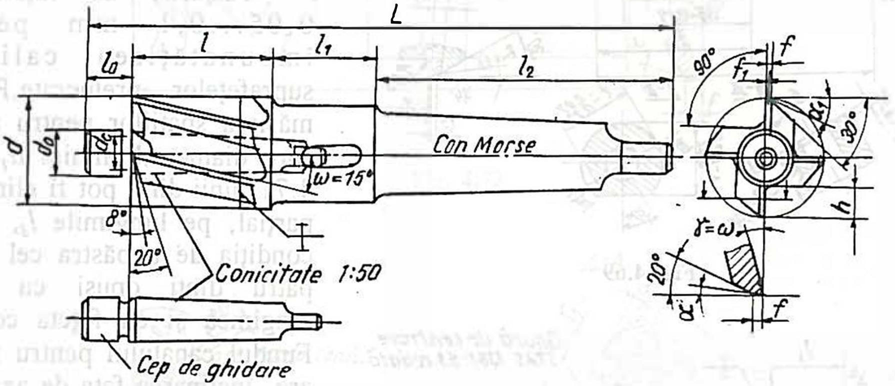


Fig. 4.67

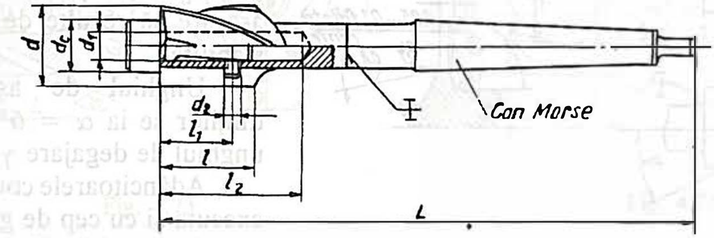


Fig. 4.68

Pentru prelucrarea fontelor şi materialelor greu prelucrabile se recomandă construcțiile de adâncitoare cu cep de ghidare, cu tăişuri din carburi matalice (fig. 4.69). Se folosesc plăcuțe normalizate (STAS 6373/3-80), iar corpul adâncitorului se execută din oțel aliat 40 C 10. Soluția prezentată este cu coadă cilindrică pentru mandrine cu fixare rapidă, prevăzute cu zăvor cu cui.

4.3.2. Adâncitoare conice

Prelucrarea suprafețelor conice ale locaşurilor pentru capetele de şuruburi, scaunelor pentru supape sau teşirea muchiilor se face cu adâncitoare conice cu coadă cilindrică (fig. 4.70) sau cu coadă conică (fig. 4.71).

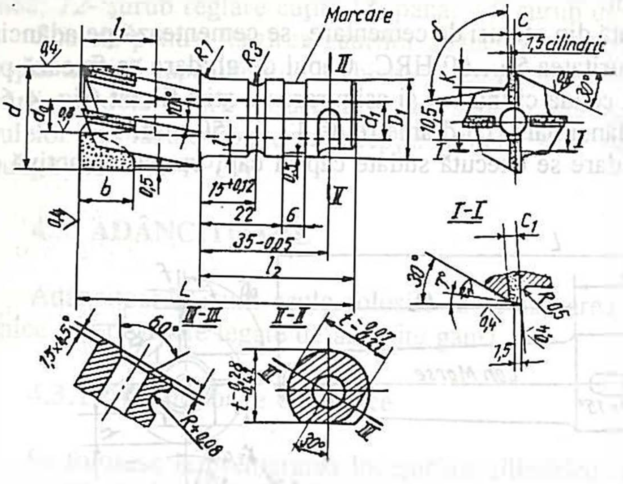


Fig. 4.69

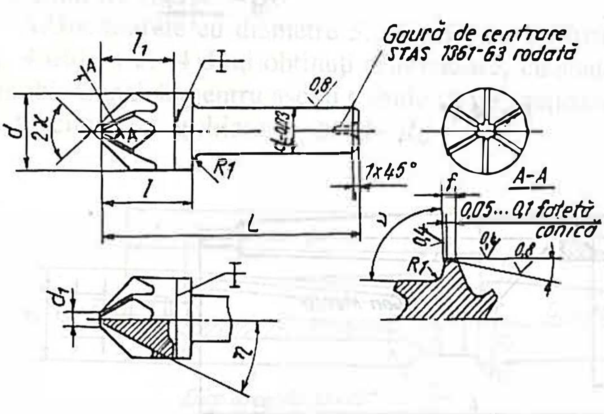


Fig. 4.70

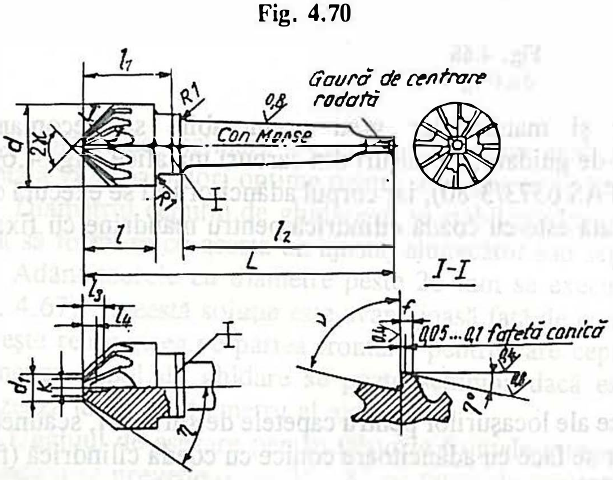


Fig. 4.71

Unghiul de vârf $2\varkappa$ se stabileşte după suprafaţa de prelucrat, valorile cele mai utilizate fiind 60°, 90° şi 120°. Numărul de dinţi se stabileşte constructiv, între 6 şi 12 dinţi, în funcţie de diametrul exterior.

Tăişurile au faţete de 0,05...0,1 mm pentru îmbunătăţirea calităţii suprafeţelor prelucrate. Pentru mărirea spaţiilor pentru aşchii spre diametrul minim d_1 (fig. 4.71) unii dinţi pot fi eliminaţi parţial, pe lungimile l_3, l_4 cu condiţia de a păstra cel puţin patru dinţi opuşi cu toată lungimea şi cu faţeta conică. Fundul canalului pentru aşchii are înclinarea faţa de axa mai mică decât tăişurile, aşa încât să se obţină un spaţiu cât mai mare pentru aşchii, iar faţa de aşezare să rezulte de lătimea f stabilită.

Unghiul de aşezare al dinţilor se ia $\alpha = 6°...8°$, iar unghiul de degajare $\gamma = 0°$.

Adâncitoarele conice se pot executa şi cu cep de ghidare fix sau demontabil (fig. 4.72) în cazurile în care se impune coaxialitatea suprafeţelor conică şi cilindrică (locaşuri pentru şuruburi, scaune pentru supape etc). Pentru diametre mari, peste 50 mm, adâncitoarele conice se execută cu alezaj (fig. 4.73) pentru unghiuri de vârf cu valori 60°, 90°,120°.

4.3.3. Adâncitoarele pentru lamare

Se folosesc la prelucrarea suprafeţelor plane,

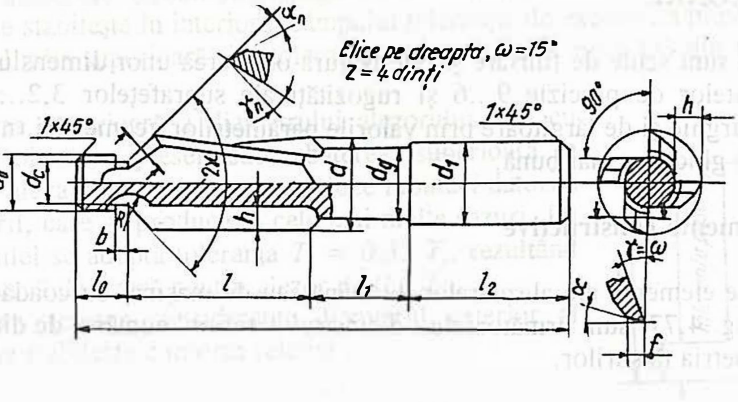


Fig. 4.72

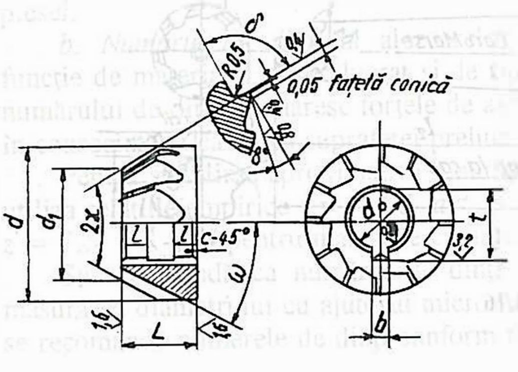


Fig. 4.73

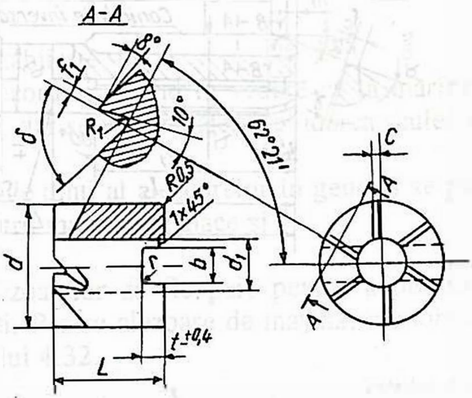


Fig. 4.74

perpendiculare pe axele găurilor sau doar pentru îndreptarea suprafeţelor plane ale bosajelor. Aceste adâncitoare au tăişuri numai pe partea frontală (fig. 4.74) şi se execută în toate cazurile cu cep de ghidare. Coada poate fi dintr-o bucată cu partea activă sau montată cu cepul. Adâncitoarele pentru lamare (lamatoare) se execută din oţel rapid sau cu tăişurile din carburi metalice (fig. 4.75) în cazul prelucrării materialelor cu capacitate abrazivă mare.

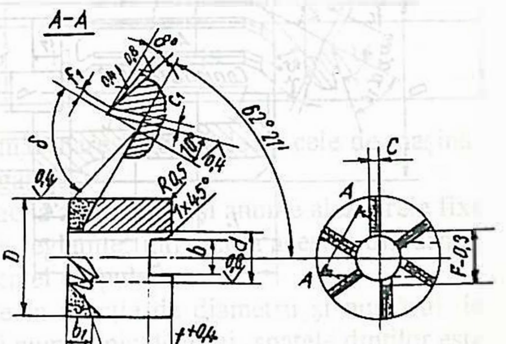


Fig. 4.75

4.4. ALEZOARE

Alezoarele sunt scule de finisare şi pot asigura obţinerea unor dimensiuni cuprinse în limitele treptelor de precizie 9...6 şi rugozităţi ale suprafeţelor 3,2...0,2 μm se deosebesc de burghie şi de lărgitoare prin valorile parametrilor geometrici, numărul mai mare de dinţi şi ghidarea mai bună.

4.4.1. Elemente constructive

Principalele elemente ale alezoarelor de mână sau de maşină, cu coadă (fig. 4.76) sau cu alezaj (fig. 4.77) sunt următoarele : diametrul exterior, numărul de dinţi, profilul dinţilor şi geometria tăişurilor.

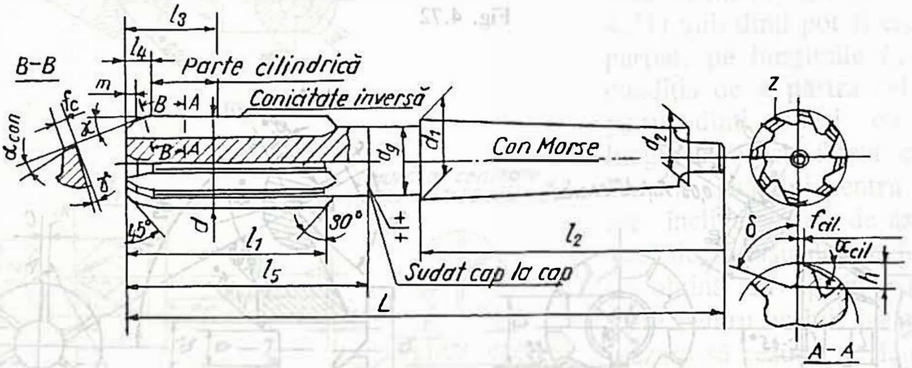


Fig. 4.76

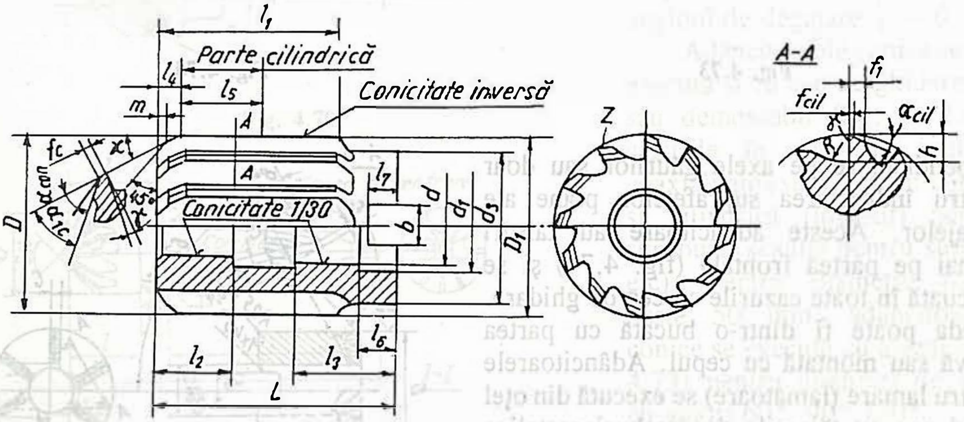


Fig. 4.77

a. Diametrul exterior al alezorului este parametrul constructiv cel mai important, prin care se obţine diametrul alezajului în limitele abaterilor prescrise. La stabilirea

diametrului alezorului trebuie să se asigure şi o rezervă de uzură suficientă pentru tăişuri. Diametrul se stabileşte în interiorul câmpului toleranţei de execuţie a piesei de prelucrat, aproape de limita superioară, iar toleranţa alezorului este circa 1/3 din toleranţa piesei (fig. 4.78).

Abaterea superioară a diametrului alezorului este cu 15% din toleranţa piesei sub abaterea superioară a diametrului alezajului pentru a nu produce rebuturi datorită lărgirii găurii, care se produce în cele mai multe cazuri. La execuţia sculei se adoptă toleranţa $T_s = 0,35\ T_p$, rezultând astfel o rezervă de uzură pentru alezor de $0,5\ T_p$.

Pe baza acestor considerente diametrul exterior al alezorului se stabileşte conform relatiei :

$$d_{alezor} = (D_{np} + A_s - 0,15\ T_p)^{+0}_{-0,35\ Tp}$$

în care D_{np} este diametrul nominal al piesei, A_s - abaterea superioară a diametrului piesei, T_p - toleranţa de execuţie a piesei.

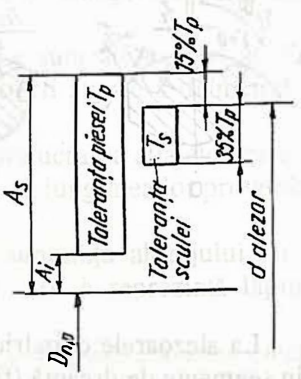


Fig. 4.78

b. Numărul de dinţi al alezoarelor se stabileşte în funcţie de materialul de prelucrat şi de tipul alezorului, având în vedere ca la mărirea numărului de dinţi se măresc forţele de aşchiere, dar se îmbunătăţeşte ghidarea sculei şi în consecinţă şi calitatea suprafeţei prelucrate.

Pentru stabilirea aproximativă a numărului de dinţi al alezoarelor în general se pot utiliza relaţiile empirice : $z = 1,5\ d^{0,5} + 2$ pentru materiale tenace şi $z = 1,5\ d^{0,5} + 4$ pentru materiale casante.

Se recomandă ca numărul de dinţi al alezoarelor să fie par, pentru a permite măsurarea diametrului cu ajutorul micrometrului. Pentru alezoare de maşină, monobloc se recomandă numerele de dinţi conform tabelului 4.32.

Tabelul 4.32

Valori recomandate pentru numărul de dinţi al alezoarelor

Diametrul alezorului d [mm]	3...10	11...20	21...30	31...45	46...50	51...80
Numărul de dinţi	6	8	10	12	14	16

Alezoarele de mână trebuie să aibă număr mai mare de dinţi decât cele de maşină, pentru realizarea unei conduceri mai bune la angajare.

Numărul de dinţi este şi în funcţie de construcţia alezoarelor şi anume alezoarele fixe se execută cu număr mai mare de dinţi decât cele reglabile, întrucât la acestea din urmă, numărul mare de dinţi ar duce la slăbirea rezistenţei corpului sculei.

c. Profilul dinţilor alezoarelor se stabileşte în funcţie de diametru şi numărul de dinţi. Pentru alezoarele cu diametre 3...20 mm şi număr mic de dinţi, spatele dinţilor este drept (fig. 4.79, *a*) iar pentru diametre peste 20 mm şi număr mare de dinţi spatele este concav (fig. 4.79, *b*).

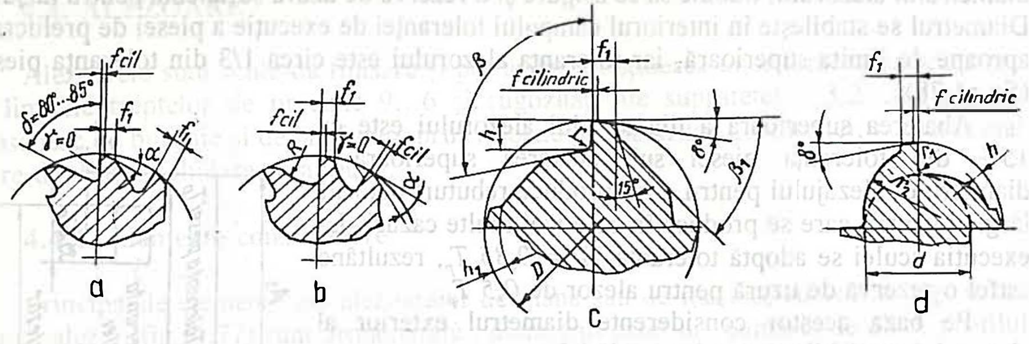


Fig. 4.79

La alezoarele cilindrice fixe cu canale elicoidale cu $\omega = 45°$ se recomandă profilul din segmente de dreaptă (fig. 4.79, *c*), iar la alezoarerele conice de degroşare, cu canale elicoidale profilul convex, cu faţetă proeminentă (fig. 4.79,*d*).

La frezarea canalelor trebuie să se realizeze corect lăţimea faţetei f_1, care se stabileşte conform tabelului 4.33. După tratamentul termic f_1 se ascute la unghiul α şi devine faţa de aşezare.

Lăţimea faţetelor cilindrice f_{cil} are o importanţă deosebită la stabilirea profilului dinţilor întrucât aceasta determină durata de utilizare a sculei; valorile recomandate ale faţetei la alezoarele pentru prelucrarea oţelurilor sunt cele din tabelul 4.33. Pentru prelucrarea fontei, valorile lăţimii faţetei indicate în tabel trebuie înmulţite cu 1,3, iar pentru prelucrarea aliajelor uşoare cu 0,7.

Tabelul 4.33

Lăţimea feţelor f_1 şi f la alezoare

Diametrul alezorului d [mm]	f [mm]		f_1 [mm]	
	nominal	abateri	nominal	abateri
3...4	0,12	± 0,04	0,25	+ 0,15 0
4,5...6			0,4	+ 0,2 0
7...11	0,15	± 0,05	0,6	+ 0,3 0
12...19	0,18		0,8	
20...24	0,22	± 0,07	1,0	+ 0,4 0
25...30			1,2	
31...40			1,5	
41...46			1,6	+ 0,5 0
47...56	0,3	± 0,1	1,9	+ 0,6 0
57...71			2,3	

La alezoarele pentru materiale greu prelucrabile faţetele cilindrice f_{cil} se detalonează prin rodare sub un unghi de 1°30'. Faţeta de conducere se micşorează astfel la o lăţime minimă, doar vizibilă, pentru siguranţa respectării diametrului alezorului. Aceste ascuţiri se utilizează mai ales la prelucrarea materialelor care produc o strângere elastică după tăiş, provocând astfel încălzire mare şi aderenţe pe faţete.

d. Înclinarea dinţilor alezoarelor. Cele mai des utilizate sunt alezoarele cu dinţi drepţi, care s-au impus în exploatare având avantajele măsurării sigure a diametrelor, execuţiei şi întreţinerii mai simple.

Alezoarele cu dinţi drepţi nu pot fi însă utilizate pentru prelucrarea aliajelor care au canale paralele ca axa, deoarece tăişurile ies din aşchiere pe toată lungimea lor provocând trepidarea sculei.

La alezoarele cu dinţi elicoidali contactul tăişului cu suprafaţa alezajului nu se întrerupe dacă este satisfăcută condiţia: $tg\ \omega > b\ /\ l$, în care b reprezintă lăţimea canalului şi l - lungimea de alezat.

Sensul elicei dinţilor trebuie să fie opus sensului de aşchiere pentru a evita efectul de tragere a sculei în gaură şi desfacerea alezorului din sistemul de fixare al maşinii-unelte. Sensul normal de aşchiere fiind pe dreapta, sensul elicei alezoarelor va fi pe stânga; valorile recomandate pentru unghiurile de înclinare sunt: $\omega = 6°...12°$ pentru alezoare de mână; $\omega = 10°... 30°$ pentru alezoare de maşină.

Prin înclinarea dinţilor spre stânga se obţin unghiuri de degajare negative pe partea de atac şi în consecinţă condiţii de aşchiere mai defavorabile decât la alezoarele cu dinţi drepţi.

Cele mai bune condiţii de aşchiere sunt la alezoarele cu dinţii uşor înclinaţi spre dreapta, cu $\omega = 6°...10°$, care au avantajul lucrului cu $\gamma > 0°$ pe conul de atac, fără ca scula să fie trasă în alezaj. La prelucrarea unui alezaj cu suprafaţă continuă ambele variante ale dinţilor, drepţi sau elicoidali, dau aceeaşi rugozitate a suprafeţei.

e. Repartizarea dinţilor pe circumferinţa alezorului trebuie să fie neuniformă pentru a evita trepidaţiile în timpul prelucrării materialelor neomogene. În aceste cazuri, prin divizarea inegală a dinţilor se evită vibraţiile sculei, care se transmit suprafeţei găurii, deoarece la rotirea alezorului cu un pas atacul dinţilor nu se produce în aceleaşi locuri, iar grosimea aşchiei diferă de la dinte la dinte.

Divizarea dinţilor se face cu paşi diferiţi pe întreaga circumferinţă (fig. 4.80,*a*) la alezoarele cu număr impar de dinţi sau cu paşi crescători pe jumătate din circumferinţă, care se repetă pe a doua jumătate (fig. 4.80,*b*) în cazul alezoarelor cu număr par de dinţi. Ultima soluţie este mai simplă tehnologic, dinţii rezultă doi câte doi diametral opuşi, ceea ce permite măsurarea diametrului cu micrometrul. Valorile paşilor unghiulari pentru diferite numere de dinţi sunt recomandate în STAS R 7042-81.

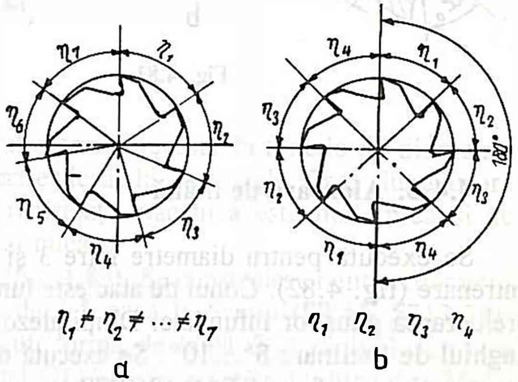


Fig. 4.80

Repartizarea neuniformă a dinţilor este necesară în special la alezoarele de

mână cu dinţi drepţi, dar se recomandă şi la alezoarele de maşină cu dinţi drepţi sau înclinaţi cu $\omega \leq 10°$. La alezoarele cu dinţi elicoidali cu $\omega > 10°$ nu este necesară divizarea inegală a dinţilor.

f. Geometria alezoarelor se stabileşte în funcţie de tipul si utilizarea lor. Pentru găuri străpunse profilul axial al dinţilor este cel din figura 4.81,*a* cu con de protecţie de lungime *m*, parte de atac de lungime l_1 şi parte de conducere cilindrică în lungime $l_2 = (1/4...1/3)l$. Pentru găuri înfundate, unde conul de atac trebuie să fie cât mai scurt (fig. 4.81,*b*) se recomandă ca unghiul de atac să fie $\varkappa = 45°$. La alezoarele cu dinţi elicoidali partea de conducere cilindrică lipseşte.

Alezoarele cilindrice de tip *N*, pentru prelucrarea oţelurilor şi fontelor se construiesc în mod curent cu unghiul de degajare $\gamma = 7°$. În funcţie de materialul prelucrat unghiul de degajare poate fi diferit de zero (tabelul 4.34).

Unghiul de aşezare se alege de asemenea în funcţie de natura materialului de prelucrat (tabelul 4.34), valorile mai mari fiind recomandate la alezoarele de tip *M*, pentru aliaje neferoase.

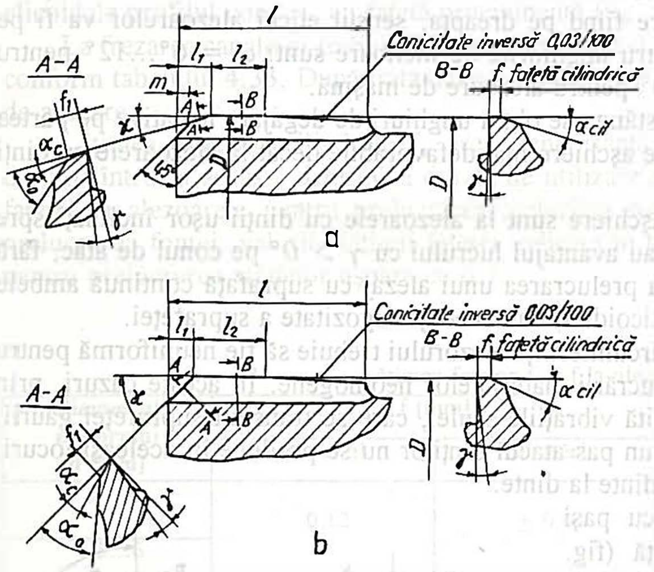


Fig. 4.81

Unghiul de atac al alezoarelor se stabileşte pentru realizarea unui con de atac scurt $\varkappa = 15°...45°$ pentru prelucrarea oţelurilor şi con de atac mai lung, $\varkappa = 4°...30°$ pentru fontă, având în vedere tipurile diferite de aşchii ale celor două materiale. La alezoare de mână unghiul de atac trebuie sa fie foarte mic, pentru a se obţine forţe de avans mici.

g. Conicitatea inversă se realizează la toate alezoarele cilindrice şi are valori în limitele: 0,010...0,025 mm pe 100 mm lungime la alezoarele tip *N*, 0,005...0,015 mm pe 100 mm lungime la alezoarele tip *M*.

4.4.2. Alezoare de mână

Se execută pentru diametre între 3 şi 50 mm şi au coada cilindrică, cu pătrat de antrenare (fig. 4.82). Conul de atac este lung, motiv pentru care ele nu pot fi utilizate la prelucrarea găurilor înfundate. Dinţii alezorului pot fi drepţi sau cu elice pe stânga, cu unghiul de înclinare 8°...10°. Se execută din oţel aliat de scule MCW 14, cu elemente constructive conform STAS 1263-79.

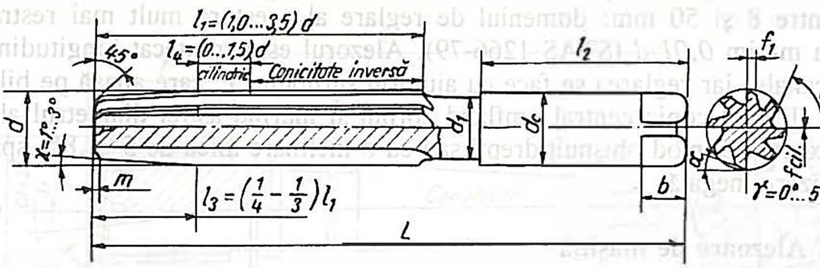


Fig. 4.82

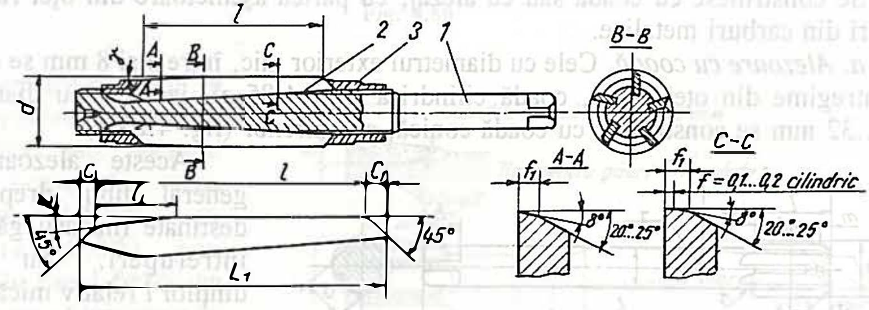


Fig. 4.83

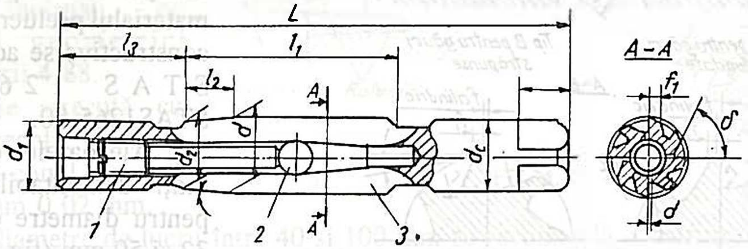


Fig. 4.84

4.4.3. Alezoare de mână reglabile

Au avantajul reglării tăişurilor la diametrul exterior necesar în funcţie de diametrul alezajului. Durata lor de utilizare este mai mare decât la alezoarele fixe, după uzare tăişurile putând fi reascuţite şi reglate, însă rezistenţa macanică este mai mică şi de asemenea precizia alezajelor prelucrate este mai mică.

a. Alezoare reglabile cu dinţi demontabili (fig. 4.83). Se construiesc pentru diametre de la 10,5 la 55 mm, cu domenii de reglare de 1,5 până la 5 mm (STAS 5713-79). Alezorul este format dintr-un corp *1*, dinţii sub formă de lamă *2* şi piuliţele cu con interior *3*. Corpul şi piuliţele se execută din oţel OLC 45 îmbunătăţit la duritatea 35-40 HRC, iar lamele din oţel rapid, călit la duritatea 60...66 HRC. Reglarea se face prin deplasarea axială şi radială a lamelor, canalele prelucrate în corp având bazele înclinate.

b. Alezoare reglabile spintecate sau extensibile (fig. 4.84). Se construiesc pentru diametre între 8 şi 50 mm; domeniul de reglare al acestora mult mai restrâns, este prevăzut la minim *0,01 d* (STAS 1266-79). Alezorul este spintecat longitudinal de cel puţin trei canale, iar reglarea se face cu ajutorul şurubului *1*, care apasă pe bila *2*, care alunecă în alezajul conic central umflând corpul şi mărind astfel diametrul alezorului. Dinţii se execută în mod obişnuit drepţi sau cu o înclinare mică de 5°...8°, spre stânga şi au o divizare inegală.

4.4.4. Alezoare de maşină

Se construiesc cu coadă sau cu alezaj, cu partea aşchietoare din oţel rapid sau cu tăişuri din carburi metalice.

a. Alezoare cu coadă. Cele cu diametrul exterior mic, între 3 şi 8 mm se construiesc în întregime din oţel rapid, coadă cilindrică (fig. 4.85,*a*), iar cele cu diametre între 5,5...32 mm se construiesc cu coadă conică, cu antrenor (fig. 4.85,*b*).

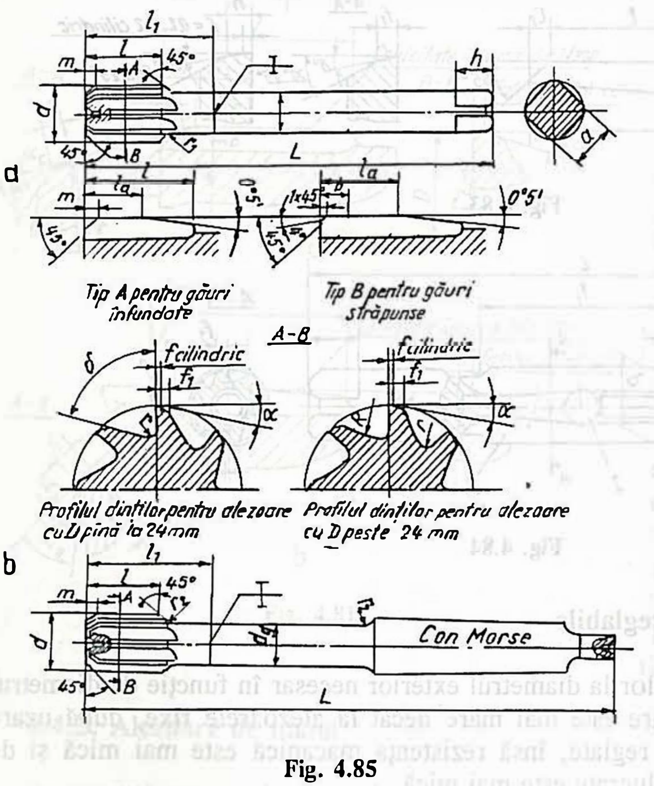


Fig. 4.85

Aceste alezoare au în general dinţii drepţi şi sunt destinate finisării găurilor fără întreruperi. Au lungimea dinţilor *l* relativ mică, divizarea inegală a dinţilor, iar forma conului de atac se stabileşte în funcţie de tipul găurii şi materialul prelucrat. Elementele constructive se adoptă conform STAS 1264-80 şi STAS1265-80.

Alezoarele cu coadă cu dinţi demontabili se execută pentru diametre cuprinse între 32 şi 50 mm (fig. 4.86). Aceste alezoare permit reglarea diametrului în funcţie de necesităţi sau după uzare, ceea ce face ca durata lor de exploatare să fie mult mai mare ca la cele monobloc. Reglarea se face prin demontarea dinţilor, deplasarea radială cu un zimţ, împănarea dinţilor în noua poziţie şi ascuţirea la diametrul necesar. Alezoarele pentru prelucrarea materialelor prelucrabile se construiesc cu tăişuri din carburi metalice (fig. 4.87). Prin această construcţie se obţine mărirea considerabilă a durabilităţii şi productivităţii. Se construiesc pentru diametre 10...32 mm, cu elemente constructive conform STAS 12214-83.

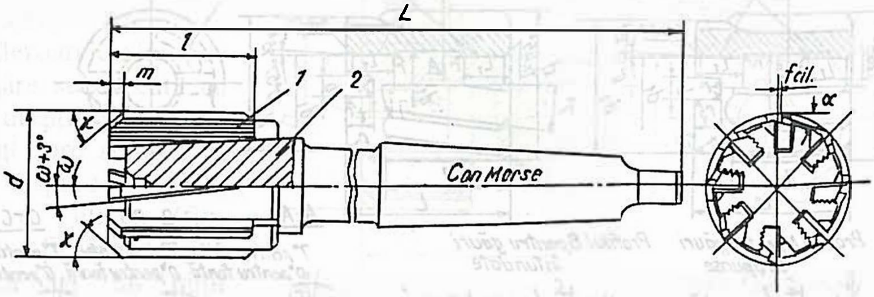


Fig. 4.86

b. Alezoare cu alezaj se utilizează pentru diametre de la 25 la 100 mm. Alezajul acestora poate fi conic (conform STAS, cu conicitate 1:30) sau cilindric, în cazul fixării pe bare de alezat. Alezoarele cu alezaj se execută cu dinţi drepţi, execuţie normală sau cu dinţi înclinaţi, cu parametrii geometrici conform figurii 4.88.

Dinţii se execută cu divizare inegală, bătaia tăişurilor pe conul de atac fiind maximum 0,02 mm.

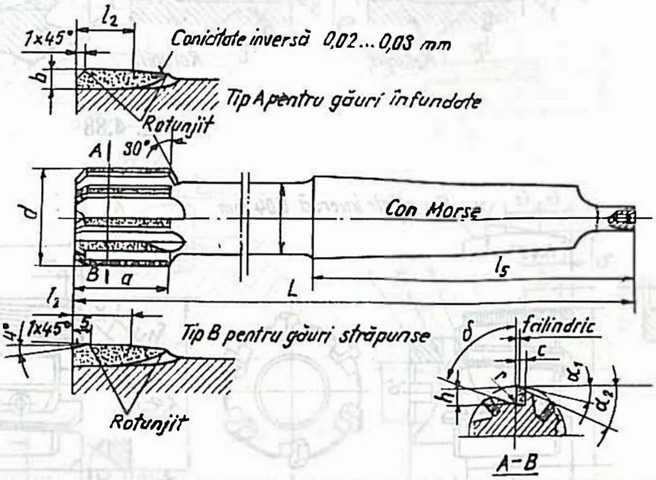


Fig. 4.87

Pentru diametre de lucru între 40 şi 100 mm se recomandă construirea alezoarelor cu lame demontabile care pot fi reglate la dimensiune după uzare (fig. 4.89). În corpul sculei *1*, construit din oţel 40C10, îmbunatăţit la 35 ...40 HRC se fixează lamele din oţel rapid *2* prin intermediul zimţilor şi al penelor longitudinale *3*. Zimţii pot fi radiali sau înclinaţi cu circa 8° spre partea frontală şi permit o reglare radială şi axială a lamelor.

Construcţia unui alezor reglabil cu lame demontabile este arătată în figura 4.90. Reglarea diametrului se face prin deplasarea axială şi radială a lamelor *2* pe zimţii înclinaţi cu circa 5° faţă de axa corpului alezorului *1*, iar fixarea lamelor în poziţiile reglate se face prin bucşele cu excentric *3* şi piuliţele *4*.

Alezoarele cu alezaj cu plăcuţe din carburi metalice lipite (fig. 4.91) se utilizează îndeosebi la prelucrarea fontei. Se construiesc cu diametre între 32 şi 75 mm cu dimensiunile principale conform STAS 6373/3-80, cu plăcuţe din carburi metalice speciale, normalizate, STAS 6373/3-80.

Alezoarele cu lame demontabile (fig. 4.89 şi 4.90) se pot construi şi în varianta cu tăişuri din carburi metalice, lamele din oţel rapid fiind înlocuite de lame din oţel 40C10 având lipite plăcuţe din carburi metalice de forme corespunzătoare (STAS 6373/3-80).

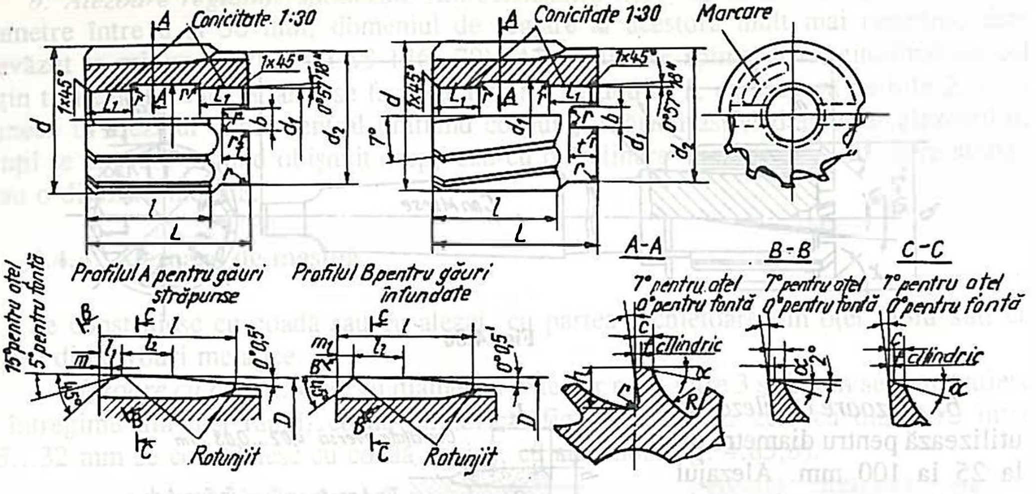


Fig. 4.88

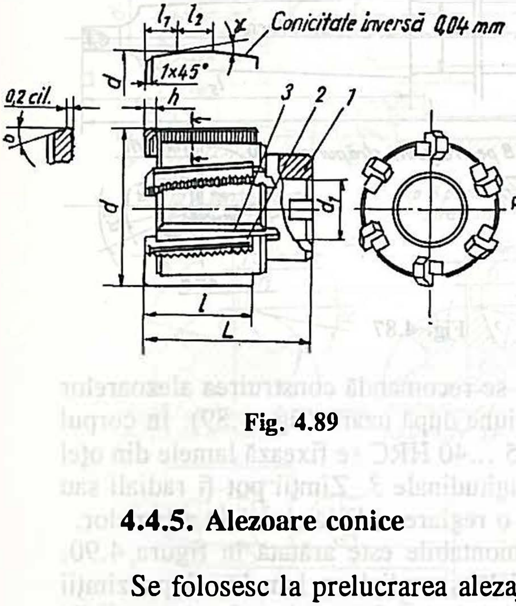


Fig. 4.89

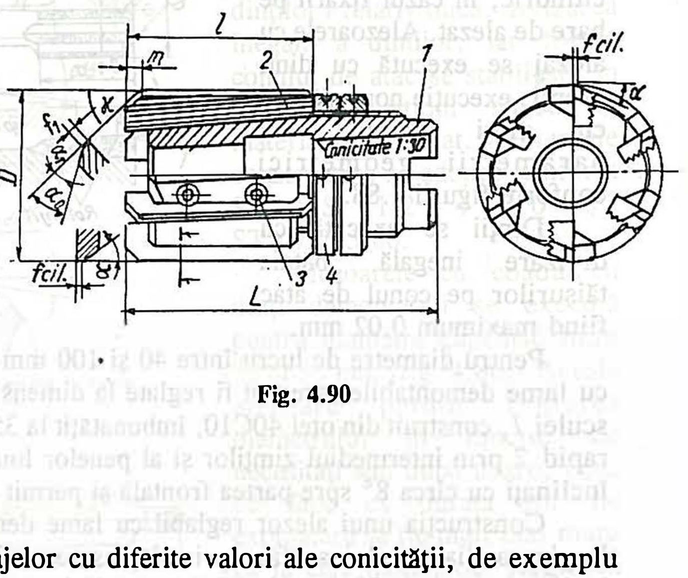


Fig. 4.90

4.4.5. Alezoare conice

Se folosesc la prelucrarea alezajelor cu diferite valori ale conicității, de exemplu 1:50 pentru *ştifturi conice*, 1:30 pentru *conuri Morse*, 1:20 pentru *conuri metrice*. Aceste alezoare lucrează în condiții mult mai grele decât cele cilindrice deoarece aşchiază cu toată lungimea tăişului principal.

În cazul prelucrării alezajelor cu conicitate mică, de exemplu 1:50 se foloseşte un alezor cu dinți drepți sau elicoidali (STAS 11908-80).

Pentru prelucrarea alezajelor cu conicitate mai mare decât 1:30, la care adaosurile de prelucrare sunt mai mari, se utilizează seturi de trei alezoare (fig. 4.92) primul, *a* de

degroşare, al doilea, *b* de finisare, iar al treilea, *c* de finisare.

Alezoarele conice de degroşare se execută cu dinţi drepţi sau puţin înclinaţi spre stânga, cu tăişuri dispuse în trepte, după o elice (fig. 4.92,*a*); fiecare treaptă aşchiază ca un cuţit simplu de prelucrat la interior, cu unghiul de atac principal de 55° şi unghiul de atac secundar de 5°. Astfel aşchierea se desfăşoară în condiţii bune, cu un număr mare de aşchii înguste şi groase. Spatele dinţilor se execută prin detalonare pe elice, iar ascuţirea se face numai pe feţele de degajare. Numărul de dinţi este relativ mic, între 3 şi 10.

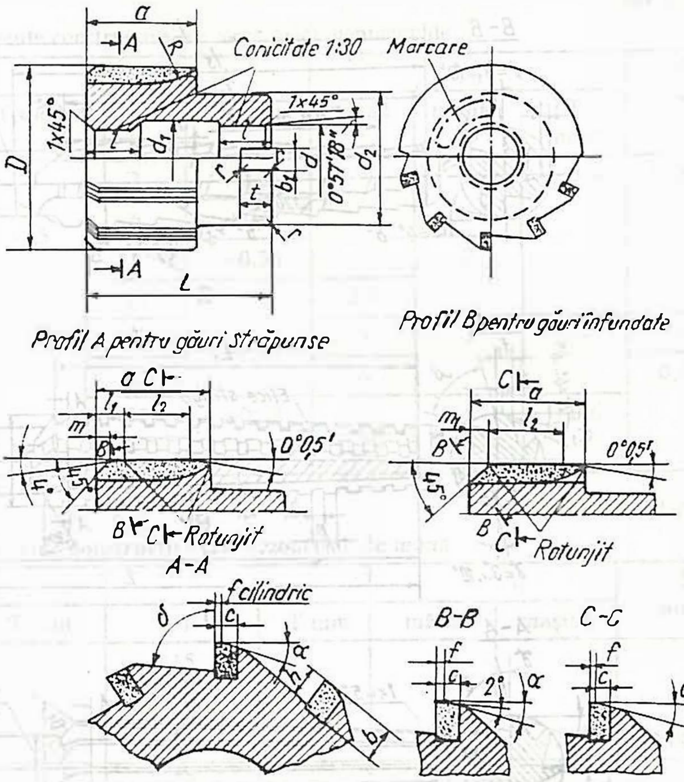


Fig. 4.91

Alezoarele de prefinisare (fig. 4.92,*b*) au dinţi drepţi sau înclinaţi, prevăzuţi pe toată lungimea utilă cu canale pentru fragmentarea aşchiilor, aşezate pe o elice pe stânga în cazul aşchierii normale, pe dreapta. Numărul de dinţi este mai mare ca la alezoarele de degroşare, cuprins între 5 şi 13.

Alezoarele de finisare (fig. 4.92,*c*) au dinţi drepţi, prevăzuţi pe toată lungimea utilă cu o faţetă minimă de 0,05 mm pentru a asigura calitatea suprafeţei prelucrate şi o frecare cât mai mică. Numărul de dinţi este mare, cuprins între 6 şi 18.

Lungimea l_l a părţii active la toate trei alezoarele din set este mai mare decât lungimea alezajului conic de prelucrat.

4.4.6. Alezoare pentru mecanică fină

În acest paragraf vor fi prezentate numai alezoarele utilizate în construcţia de aparate (d < 3mm), care au elemente geometrice şi constructive specifice. Problema principală la execuţia şi utilizarea acestor alezoare o constituie rezistenţa mecanică mică a corpului, din cauza diametrului foarte mic. Şi în construcţia acestor alezoare se deosebesc cele pentru găuri cilindrice şi cele pentru găuri conice, iar după modul de acţionare sunt alezoare de mână şi alezoare de maşină. Tipul respectiv influenţează caracteristicile geometrice, constructive şi dimensionale.

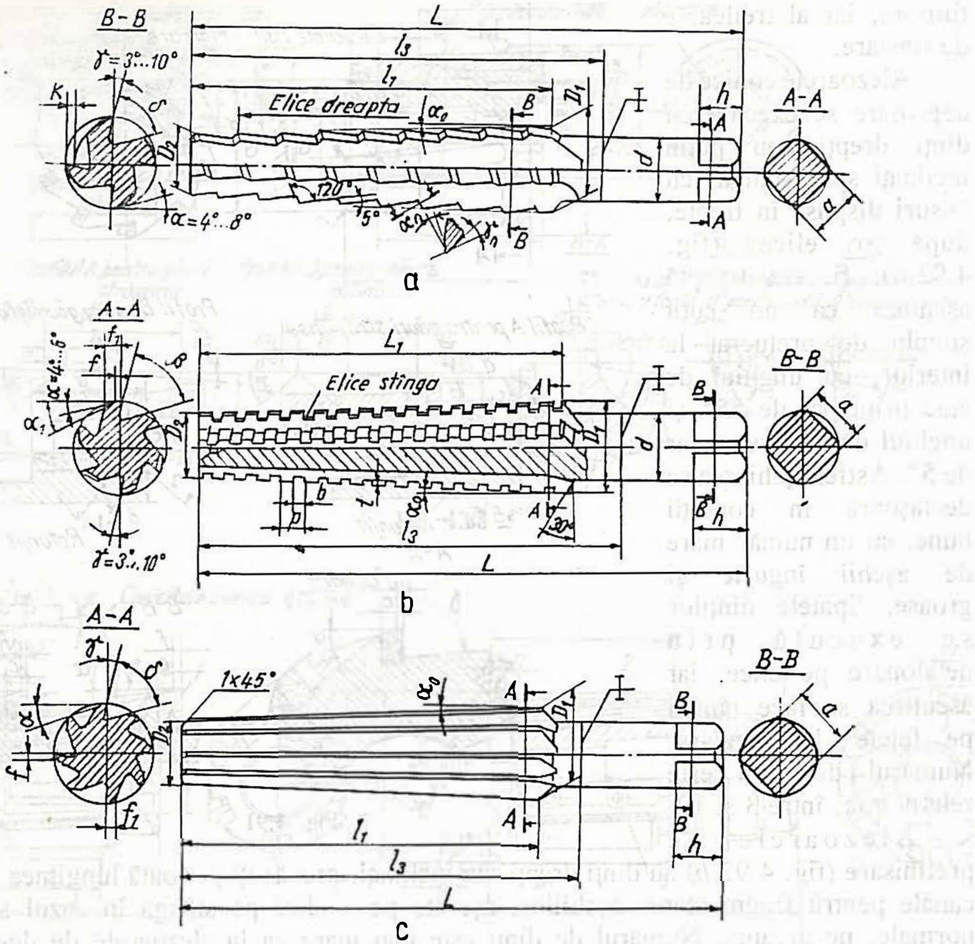


Fig. 4.92

În cazul alezoarelor de dimensiuni mici construcţia este impusă de realizarea unei rigidităţi corespunzătoare, în detrimentul calităţilor aşchietoare. Astfel s-au impus următoarele forme constructive de alezoare de diametru mic (fig. 4.93) : cea mai simplă construcţie numită semicirculară - *a*, triunghiulară - *b*, pentagonală - *c* şi *e*, sau cu canale - *d*, asemănătoare alezoarelor de dimensiuni mari.

Se remarcă la toate construcţiile valoarea zero sau negativă a unghiului de degajare. In majoritatea cazurilor aceste alezoare sunt cu coadă îngroşată.

a. Elemente constructive şi de proiectare. Construcţia alezorului este determinată de modul de acţionare manual sau mecanic şi de dimensiunile lui. Partea de atac este caracterizată prin unghiul de atac (fig. 4.94). În cazul alezoarelor de mână $\varkappa$ = 1°...1°30', iar în cazul celor de maşină $\varkappa$ = 30°...40°. Datorită dimensiunilor foarte mici, pentru d = 0,1...0,5 mm alezoarele de mână au unghiul de atac la fel ca la cele de maşină.

Tabelul 4.35

Elemente constructive ale alezoarelor pentagonale

d [mm]	$L_{(T)}$		$l_{(T)}$		$l_{l(T)}$			f (mm)
	L	T(mm)	l	T(mm)	mână	maşina	T (mm)	
0,12..0,2	16	-1,3	3	+0,25		1	±0,4	0,005
0,2..0,4	20		6	+0,3				
0,4..0,5	22		8	+0,36		2		
0,5..0,75	30		12		3,6			
0,75..1	35		15	+0,43	5	3	±0,5	0,01
1..1,5	40		15		6			0,02
1,5..2	50		20	+0,52	7	5	±0,6	
2..3	60	-1,6	25		8			

Tabelul 4.36

Elemente constructive ale alezoarelor de mână

d, mm	L_T		l_T		l_1		f mm
	L	T mm	l	T mm	mână	maşină	
1,0...1,2	45		15				
1,2...1,4	48		18				
1,4...1,6	50	- 1,6	20	- 1,1	5	7	0,005
1,6...1,8	52		22		6	8	
1,8...2,0	55		25	- 1,3			
2,0...2,2	60		28		7	9	0,08
2,2...2,5	62		30				
2,5...2,8	65	- 1,9	32		8	10	0,1
2,8...3	70		35	- 1,6			

Pentru alezoarele semicilindrice asigurarea unui unghi de aşezare corespunzător se face prin ascuţirea părţii de atac sub forma unui con excentric (fig. 4.94, *a*). Construcţiile triunghiulare şi pentagonale au partea de atac sub forma unor trunchiuri de piramidă fară faţete (fig. 4.94,*b*,*c*). Alezorul cu canale (fig. 4.94,*d*) are partea de atac de aceeaşi formă ca la alezoarele mari: fără faţetă, cu unghi de aşezare α şi dacă este posibil cu unghi de înclinare λ negativ. Profilul transversal al dinţilor alezoarelor are diferite forme reprezentate în fig. 4.95. În cazul secţiunii semirotunde (fig. 4.95,*a*), unghiul de degajare este negativ, dat de relaţia : $\sin\gamma = 2f/d$, în care, pentru $f = 0,1d$ se obţine $\gamma \approx -11°$. Faţeta f are şi rolul de a realiza o ghidare bună a sculei în alezajul de prelucrat.

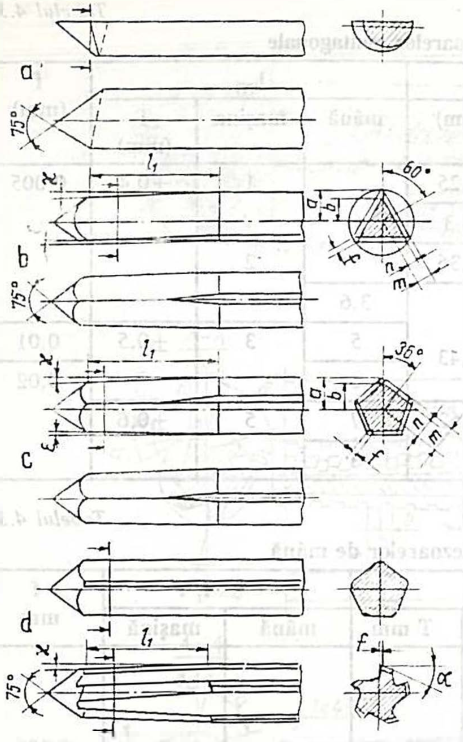


Fig. 4.94

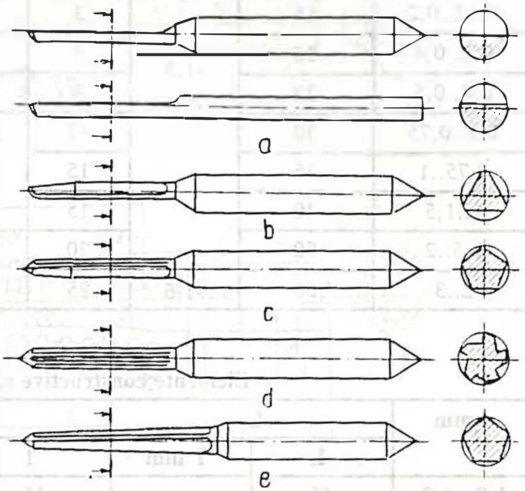


Fig. 4.93

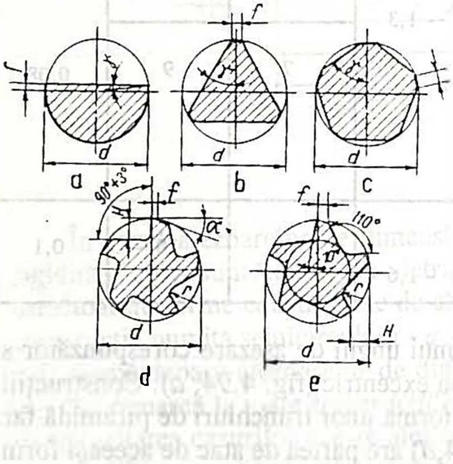


Fig. 4.95

În cazul secţiunii triunghiulare (fig. 4.95,*b*), unghiul de degajare are valoarea γ = -30°, iar faţeta *f* = *0,07 d*. Cele mai folosite sunt alezoarele pentagonale (fig. 4.95,*c*) datorită rezistenţei mecanice sporite în comparaţie cu celelalte construcţii, chiar dacă' condiţiile de aşchiere sunt mai defavorabile (γ = -54°). Alezoarele cu canale se execută în două variante : cu unghi de degajare zero (fig. 4.95,d) şi cu unghi de degajare negativ γ = -5°...-10° (fig. 4.95,e). Înălţimea dinţilor se alege $h = 0.22d$, iar faţetele se aleg $f = 0.04d$ pentru construcţia cu $\gamma = 0°$ şi $f = 0.06d$ pentru cealaltă.

În tabelele 4.35 şi 4.36 sunt indicate dimensiunile principale ale alezoarelor cilindrice pentagonale şi cu canale, cu diametrul sub 3 mm. Alezoarele cilindrice au o conicitate inversă pe partea de calibrare, de 1:200, ceea ce corespunde unui unghi de atac secundar $\varkappa$ = 0°17'. Alezoarele conice pentru mecanică fină au aceeaşi construcţie ca şi cele cilindrice, cele mai des folosite fiind alezoarele pentagonale.

5

BROŞE

Vor fi abordate problemele legate de poroiectarea şi construcţia broşelor. După ce se va face o clasificare a lor, vor fi discutate schemele de brosare, după care vor fi rezolvate problemele ce apar la proiectare şi apoi vor fi discutate diverse construcţii de broşe.

5.1. CLASIFICAREA BROŞELOR

Prin broşare se poate prelucra o foarte mare varietate de suprafeţe: interioare sau exterioare, profilate sau neprofilate, cu directoare rectilinie, circulară sau elicoidală, suprafeţe închise sau dechise ş.a., ceea ce face să existe o mare varietate de construcţii de broşe.

Această mare varietate de broşe se poate clasifica după mai multe criterii.

După traiectoria mişcării de aşchiere, broşele pot fi:
- cu mişcare de aşchiere rectilinie (fig. 5.1,*a*,*b*);
- cu mişcare de aşchiere circulară (fig. 5.1,*c*,*d*);
- cu mişcare de aşchiere elicoidală (fig. 5.1,*e*).

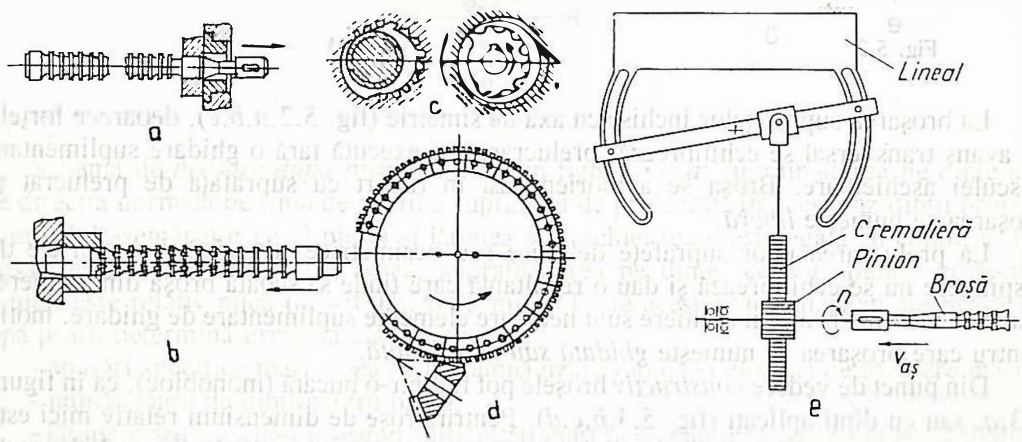


Fig. 5.1

Broşele cu mişcare de aşchiere rectilinie (fig. 5.1,*a*,*b*), în funcţie de *modul de acţionare*, pot fi:
- de tragere, solicitate la întindere, (fig. 5.1,*a*);

- de împingere, solicitate la compresiune şi flambaj, (fig. 5.1,*b*).

Broşele de împingere sunt mai scurte ca primele şi se mai numesc *dornuri de broşare*.

După felul suprafeţei de prelucrat şi din punct de vedere al modului de *asigurare a stabilităţii direcţiei de broşare*, broşarea poate fi liberă sau ghidată (sau coordonată).

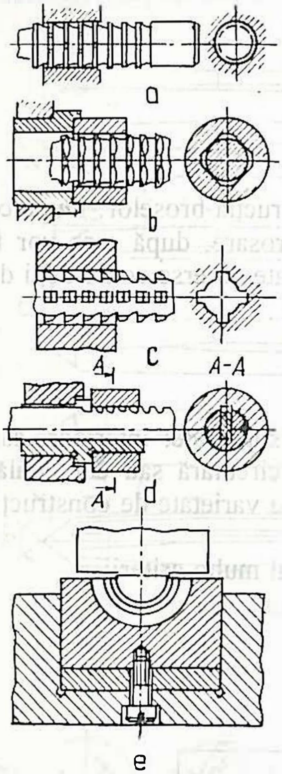


Fig. 5.2

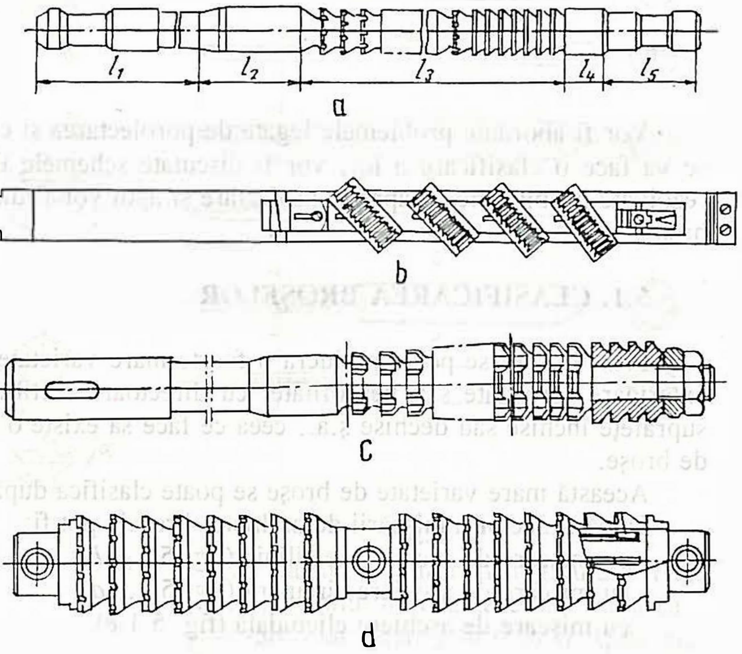


Fig. 5.3

La broşarea suprafeţelor închise cu axa de simetrie (fig. 5.2,*a,b,c*), deoarece forţele de avans transversal se echilibrează, prelucrarea se execută fără o ghidare suplimentară a sculei aşchietoare. Broşa se autoorientează în raport cu suprafaţa de prelucrat şi broşarea se numeşte *liberă*.

La prelucrarea unor suprafeţe deschise sau nesimetrice (fig. 5.2,*d,e*), forţele de respingere nu se echilibrează şi dau o rezultantă care tinde să scoată broşa din aşchiere. Pentru a menţine broşa în aşchiere sunt necesare elemente suplimentare de ghidare, motiv pentru care broşarea se numeşte *ghidată sau coordonată*.

Din punct de vedere *constructiv* broşele pot fi dintr-o bucată (monobloc), ca în figura 5.3,*a*, sau cu dinţi aplicaţi (fig. 5.3,*b,c,d*). Pentru broşe de dimensiuni relativ mici este avantajos ca întreaga parte activă a broşei să se execute monobloc din oţel de scule aşchietoare (fig. 5.3,*a*). Când este avantajos economic (material, manoperă, reascuţire ş.a.), celelalte părţi ale broşei (coada, elemente de centrare ş.a) se realizează din oţel de construcţie şi se îmbină demontabil sau nedemontabil cu partea activă. În figura 5.3,*b* este reprezentată o broşă pentru prelucrarea suprafeţelor plane, la care partea activă este

făcută din segmente montate pe corpul ei. În figura 5.3,*c* este reprezentată o construcţie la care partea de calibrare este ataşată demontabil părţii aşchietoare. În figura 5.3,*c* este reprezentată o construcţie la care dinţii broşei, executaţi din amestecuri de carburi metalice, sunt aplicaţi demontabil pe corpul ei.

O altă clasificare este făcută după criteriul *schemelor de broşare*: broşe după profil, broşe prin generare, broşe progresive şi broşe combinate.

5.2. SCHEMELE DE AŞCHIERE LA BROŞARE

Schemele de broşare se diferenţiază după direcţia supraînălţarii pe dinte faţă de adaosul de prelucrare.

Din acest punct de vedere, broşarea poate fi: după profil, prin generare şi progresivă.

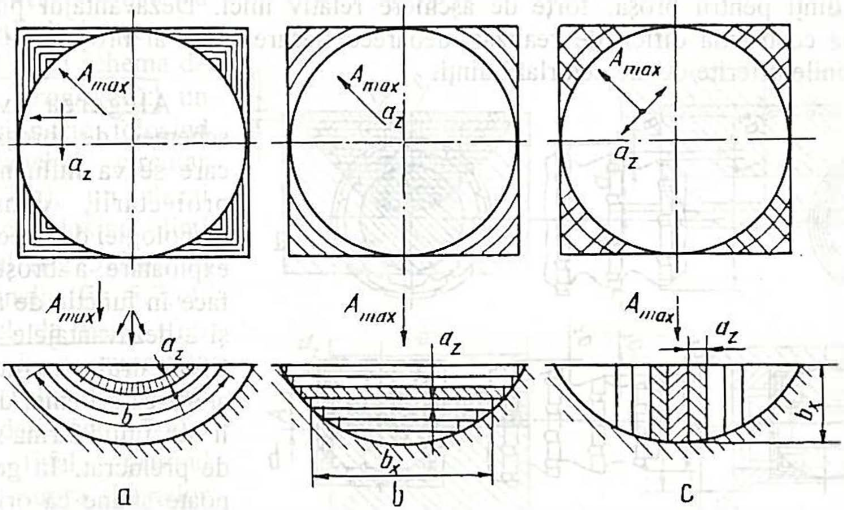


Fig. 5.4

Schema de *broşare după profil* rezultă din figura 5.4,*a*: supraînălţarea pe dinte a_z are direcţia normală pe linia de profil a suprafeţei de prelucrat. În acest caz dinţii broşei au profilul asemănător cu al piesei şi lăţimea *b* a aşchiei (care este egală cu conturul de broşat) este relativ mare. De aceea, supraînălţarea pe dinte, ce corespunde grosimii aşchiei, este relativ mica (a_z=0.02...0.05 mm). Toate aceste particularitaţi ale broşării după profil determină următoarele dezavantaje:

- apăsări specifice mari, ceea ce înseamnă uzare rapidă şi eforturi de aşchiere mari;
- număr mare de dinţi pentru broşă;
- lăţime mare a aşchiei înseamnă dificultăţi mari la înfăşurarea aşchiei în golul dintre dinţi şi pericol de apariţie a autovibraţiilor;
- grosimea a_z (de valori mici) este comparabilă cu raza de ascuţire a dintelui, apropiere ce se accentuează cu uzarea tăişului, ceea ce face ca aşchierea să se producă în condiţii defavorabile (zone cu unghi de degajare negativ, tasarea stratului de aşchiere, creşterea eforturilor de aşchiere ş.a.).

Broşarea după profil are şi un avantaj: determină o construcţie de broşă relativ simplă.

Schema de *broşare prin generare* rezultă din figura 5.4,*b*: supraînălţarea pe dinte a_z are direcţia adaosului de prelucrare maxim. Şi în acest caz laţimea aşchiei este relativ mare, ceea ce face ca supraînălţarea a_z să fie relativ mică. Avantajele şi dezavantajele sunt aceleaşi ca şi în cazul broşarii după profil.

Schema de *broşare progresivă* (fig. 5.4,*c*) corespunde unei scheme de aşchiere la care supraînălţarea pe dinte a_z se realizează pe o direcţie perpendiculară pe direcţia adaosului de prelucrare maxim.

Tăişurile principale se găsesc pe părţile laterale, iar cele secundare sunt dispuse pe conturul liniei de profil. În acest caz lăţimea aşchiei poate avea valori mici (1...2 mm), astfel că supraînălţarea a_z poate ajunge la valori relativ mari (0,2...0,8 mm).

Avantajele legate de această schemă de broşare sunt: apăsari specifice mici, numar mic de dinţi pentru broşa, forţe de aşchiere relativ mici. Dezavantajul principal îl constituie costructia dificil de realizat, deoarece fiecare dinte al broşei are forma şi dimensiunile diferite de ale celorlalţi dinţi.

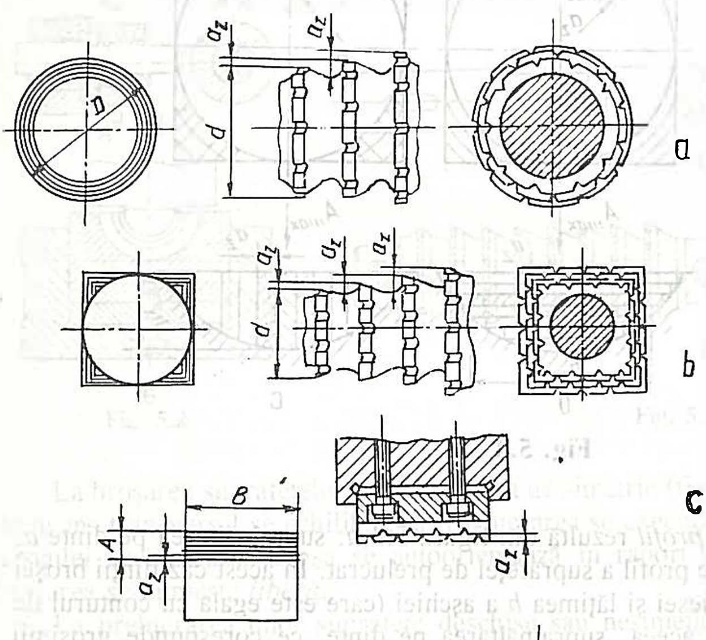


Fig. 5.5

Alegerea variantei schemei de broşare, prin care se va influenţa asupra proiectării, construcţiei, tehnologiei de execuţie şi de exploatare a broşei, se va face în funcţie de avantajele şi dezavantajele arătate. Elementul principal la alegerea schemei de broşare îl constituie forma suprafeţei de prelucrat. În general, se poate spune că orice tip de suprafaţă interioară sau exterioară, profilată sau neprofilată poate fi prelucrată prin broşare după oricare din cele trei scheme de broşare.

Câteva construcţii de broşe care aşchiază după schema de *broşare după profil* rezultă din figura 5.5: prelucrarea unui alezaj cilindric (fig. 5.5,*a*), a unui alezaj poligonal (fig. 5.5,*b*) şi a unei suprafeţe plane (fig. 5.5,*c*). De observat următoarele: lăţimea mare şi grosimea mică a aşchiei

rezultând o broşă de lungime mare, dar simplu de executat.

În figura 5.6 sunt reprezentate câteva construcţii de broşe care aşchiază prin *broşare prin generare*: un alezaj poligonal (fig. 5.6,*a*), un alezaj canelat (fig. 5.6,*b*) şi o suprafaţă profilată deschisă (fig. 5.6,*c*).

În figura 5.7 sunt reprezentate câteva construcţii de broşe care aşchiază după schema de *broşare progresivă*: un alezaj cilindric folosind dinţi canelaţi circular (fig. 5.7,*a*), un alezaj cilindrric folosind dinţi poligonali (fig. 5.7,*b*), un alezaj canelat (fig. 5.7,*c*), un canal de pană (fig. 5.7,*d*) şi o suprafaţă plană folosind dinţi trapezoidali (fig. 5.7,*e*).

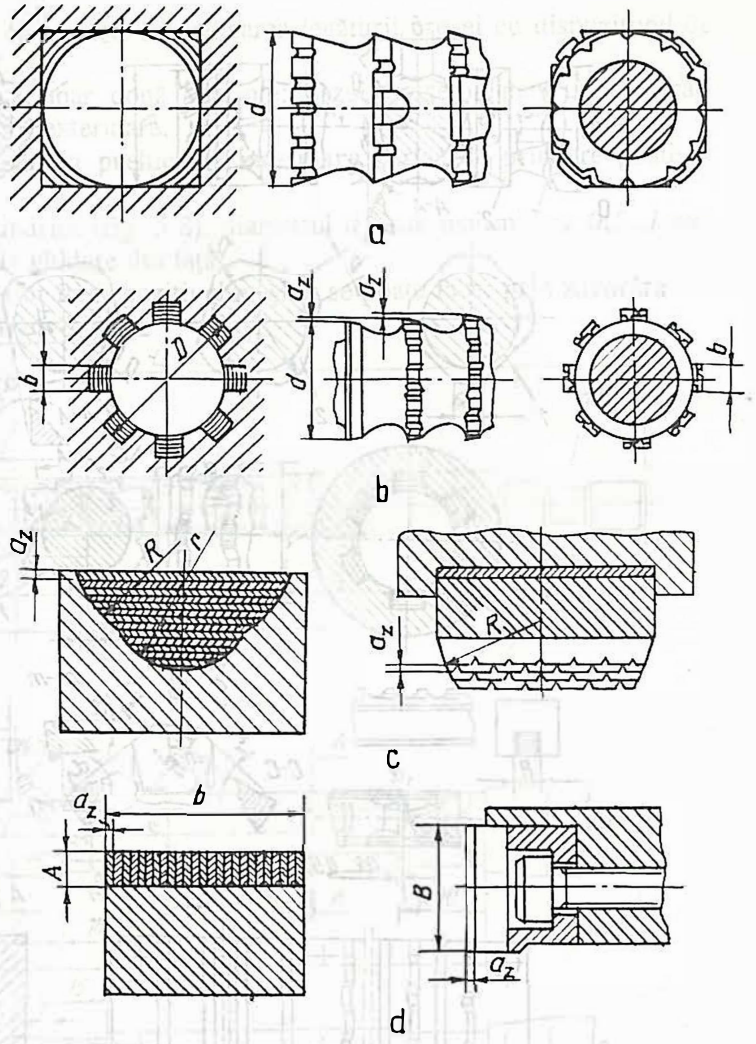


Fig. 5.6

În final, privind discuţia asupra shemelor de broşare, trebuie arătat că forma suprafeţei de prelucrat a impus schema de broşare cea mai avantajoasă, ţinând seama de criterii constructive, tehnologice, de exploatare şi tehnico-economice.

5.3. ELEMENTE DE PROIECTARE ŞI DE CONSTRUCŢIE A BROŞELOR

Constructiv, cea mai complexă este broşa pentru prelucrări interioare acţionată prin tragere. Ea este formată din următoarele părţi componente: coada broşei de lungime l_{cd}, partea activă a broşei de lungime l_{activ}, partea de ghidare posterioară l_6 şi partea de prindere posterioară l_7.

Coada broşei l_{cd} este este formată din: partea de prindere l_1, partea gâtuită (redusă sau gâtul broşei) l_2, conul de ghidare l_3 şi partea de ghidare din faţă l_4.

Partea activă a broşei l_{activ} este formată din partea de aşchiere l_{as} şi o parte de calibrare l_c.

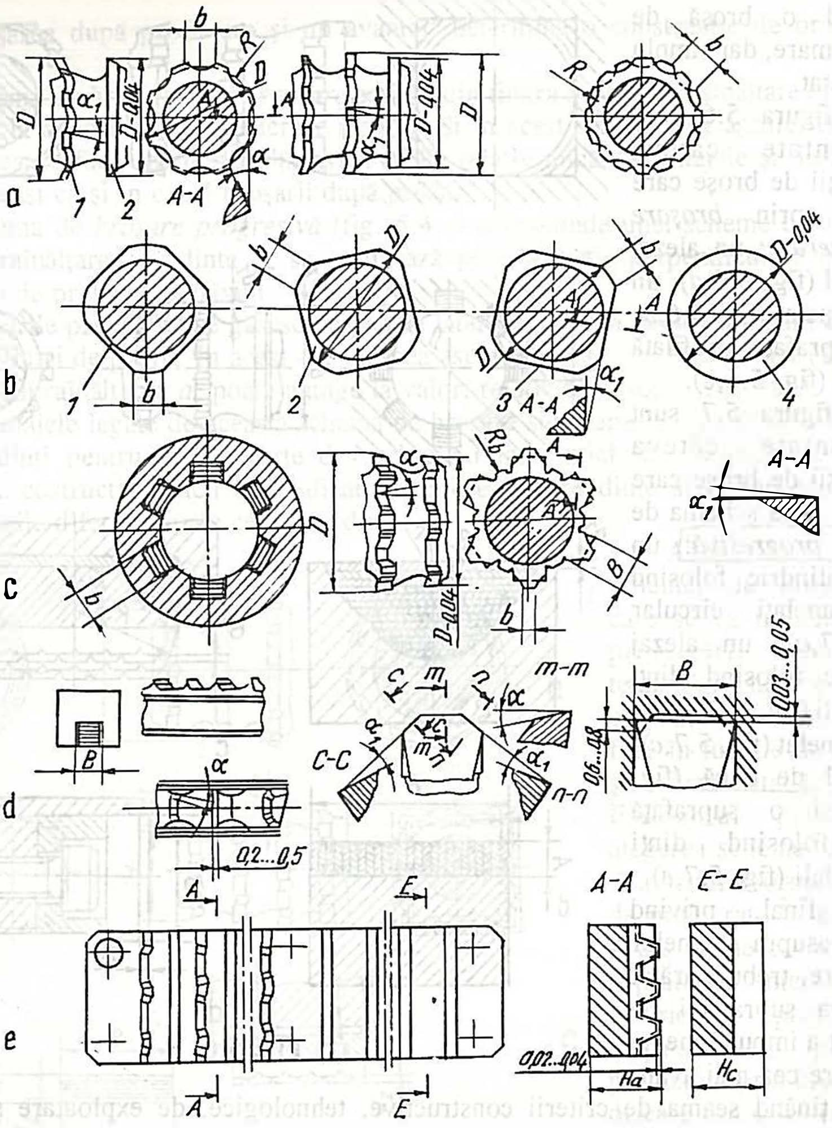


Fig. 5.7

Partea de ghidare psterioară l_6 se mai numeşte şi partea de conducere din spate.

Partea de prindere posterioară l_7 este proprie broşelor folosite la maşinile de broşat semiautomate sau automate. La alte construcţii ea lipseşte.

5.3.1. Coada broşei

De lungime l_{cd}, are în componenţă partea de prindere (l_1), gâtul (l_2), conul de ghidare (l_3) şi partea de ghidare din faţă (l_4). În cazul dornurilor de broşare, coada este formată numai din ultimele două elemente (l_3 şi l_4).

a. Partea de prindere l_1 serveşte la realizarea legăturii broşei cu dispozitivul de prindere al maşinii de broşat.

Constructiv şi funcţional apar două variante: cazul broşelor pentru prelucrări interioare şi cel al prelucrărilor exterioare.

a1. În cazul **broşelor pentru prelucrări interioare** partea de prindere poate fi cilindrică sau prismatică.

În cazul construcţiei cilindrice (fig. 5.8), diametrul d_1 este mai mic cu *0,5..1 mm* decât diametrul d_4 al părţii de ghidare din faţă.

Prinderea broşei de interior în dispozitivul maşinii se poate face: prin zăvorâre cu fălci (came) sau cu pană transversală.

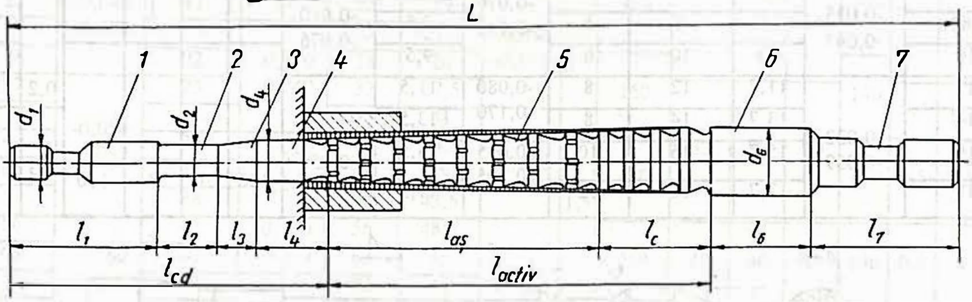


Fig. 5.8

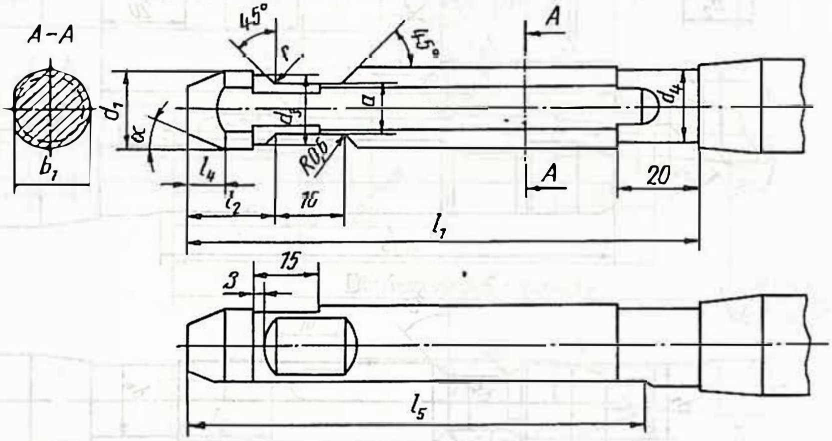


Fig. 5.9

Construcţia şi dimensiunile cozilor cilindrice în dispozitive cu fălci sunt standardizate în STAS 7991-83.

În figura 5.9 este reprezentată partea de prindere cilindrică (forma *A*, execuţia *1*), cu asigurare la rotire, pentru d_1 = 4...18 mm şi care este folosită pe maşinile de broşat orizontal.

Dimensiunile construcţiei din figura 5.9 sunt date în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1

Dimensiuni ale părţii de prindere a unei broşe cu coadă cilindrică (fig. 5.9)

d_1		d_3	d_4 -0,5 -1,0	a		b_1		l_1	l_2	l_4	l_5	r	α
nominal	abateri limită e8			nominal	abateri limită e_{11}	nominal	abateri limită d_9						
4	-0,020 -0,038	3,8	4	2	-0,06 -0,12	3,7	-0,030 -0,060	100	16	0,6	90	0,2	45°
5		4,8	5	3		4,6							
5,5		5,3	5,5	3,3	-0,070 -0,145	5,1							
6		5,8	6	4		5,6				1			
7	-0,025 -0,047	6,8	7	4,2		6,5	-0,010 -0,076						
8		7,8	8	5		7,5							
10		9,8	10	6		9,5							10°
12	-0,032 -0,059	11,7	12	8	-0,080 -0,170	11,5	-0,050 -0,093	120	20	8	110		
14		13,7	14	8		13,5							20°
16		15,7	16	10	-0,095 -0,205	15,5						0,3	
18		17,7	18	12		17,5							

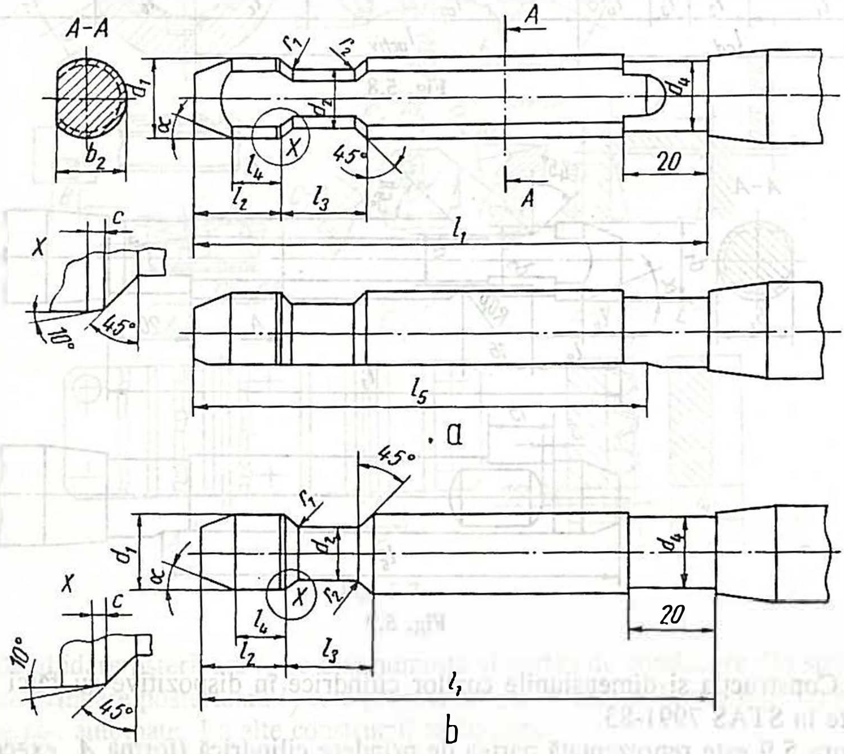


Fig. 5.10

Tabelul 5.2

Dimensiuni ale părţii de prindere (fig. 5.10)

d_1		d_2		d_4	b_2		c	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	r_1	r_2	α
nominal	abateri limită d8	nominal	abateri limita c11		nominal	abateri limită e8									
12		8	-0,080	12	10,5								0,2		10°
14	-0,032	9,5	-0,170	14	12,5										
16	-0,059	11		16	14	-0,032		120	20	20	12	110		0,6	
18		13	-0,095	18	16	-0,059									20°
20		15	-0,205	20	17		0,5						0,3		
22	-0,040	17		22	19			140				120			
25	-0,073	19		25	21,5	-0,040			25	25	16			1,0	
28		22	-0,110	28	24	-0,073	1,0								
32		25	-0,240	32	27,5			160				140			
36	-0,050	28		36	31								0,4	1,6	
40	-0,089	32	-0,120	40	34,5	-0,050			32	32	20				
45		34	-0,280	45	39	-0,089		180				160	0,5	2,5	
50		38		50	43,5		1,5								30°
56		42	-0,130	56	48,5										
63	-0,060	48	-0,290	63	55			210	40	40	25	190	0,6	4	
70	-0,106	53	-0,140	70	61	-0,060									
80		60	-0,330	80	69,5	-0,106									
90		70		90	78,5										
100	-0,072 -0,126	75	-0,150 -0,340	100	87	-0,072 -0,126	2,0	240	50	50	32	220	0,8	6	

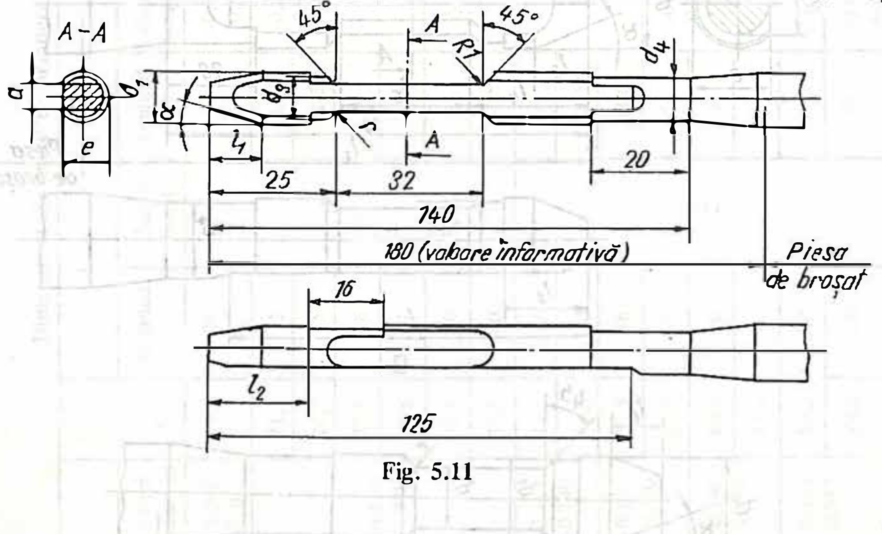


Fig. 5.11

Pentru diametre d_1 = 12...100 mm, tot pentru maşini de broşat orizontale, partea de prindere are forma reprezentată în figura 5.10: cu asigurare la rotire (fig. 5.10,*a*) şi fară asigurare la rotire (fig. 5.10,*b*). Dimensiunile construcţiilor din figura 5.10 sunt date în tabelul 5.2.

Tabelul 5.3

Dimensiuni ale părţii de prindere (fig. 5.11)

d_1 nominal	d_1 abateri limită d8	a nominal	a abateri limită c11	d_3	d_4 nominal	d_4 abateri limită	e nominal	e abateri limită e8	l_1	l_2	r	α
4	-0,030 -0,048	2,3	-0,060 -0,120	3,8	4	0 -1	3,25	-0,020 -0,038	0,6	12	0,2	45°
4,5		2,0		4,3	4,5		3,65					
5		3	-0,070 -0,145	4,8	5		4,1					
5,5		3,3		5,3	5,5		4,5					
6		3,6		5,8	6		5		1	20		
7	-0,040 -0,062	4,2		6,8	7		5,8					
8		4,8		7,8	8		6,7	-0,025 -0,047				
9		5		8,8	9		7,6					
10		6		9,8	10		8,3					
11	-0,080 -0,170	6,6	-0,080 -0,170	10,8	11		9,1		10			10°
12		7,2		11,8	12		10					
14		8,5		13,7	14		11,75	-0,032 -0,059		19	0,3	20°
16		10		15,7	16		13,5					
18		11,5	-0,095 -0,205	17,7	18		15,25					

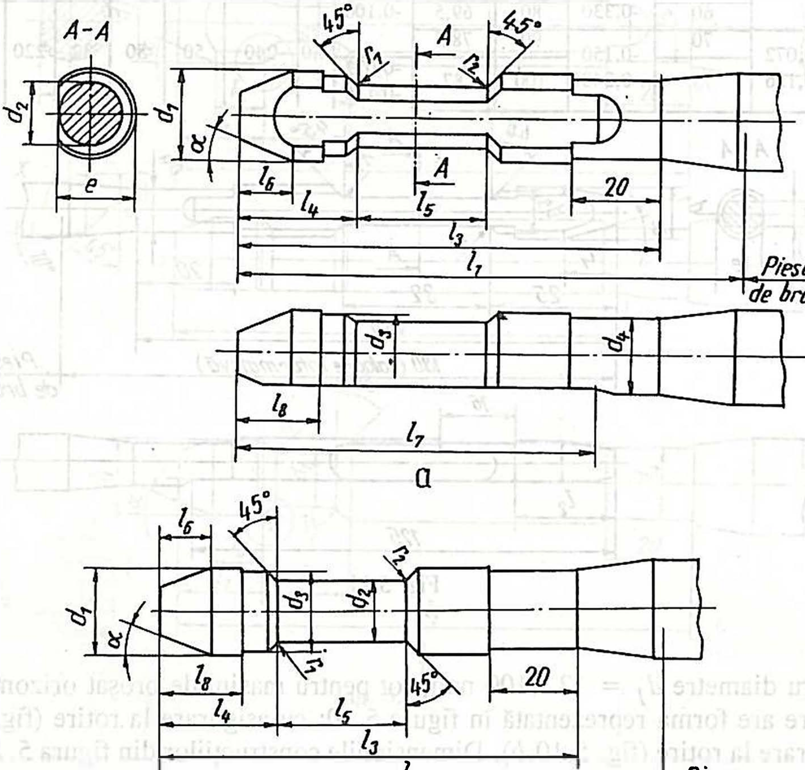


Fig. 5.12

Tabelul 5.4

Dimensiuni ale părţii de prindere (fig. 5.12)

d_1 nominal	d_1 abateri limită d8	d_2 nominal	d_2 abateri limită c11	d_3	d_4 nominal	d_4 abateri limită	e nominal	e abateri limită e8	l_1	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	r_1	r_2	α
20	-0,065 -0,098	15	-0,095 -0,205	19,7	20	0 -1	17	-0,032 -0,059	180	140	25	32	12	125	19	0,4	1,6	20°
22		16,5	-0,110 -0,240	21,7	22		18,75	-0,040 -0,073										
25		19		24,7	25		21,5											
28		21		27,6	28		24		200	160	32	40	16	140	25	0,5	2,5	30°
32	-0,080 -0,119	24		31,6	32		27,5											
36		27		35,6	36		31	-0,050 -0,089	220	180	40	50	20	160	32			
40		30		39,5	40		34,5											
45		34	-0,120 -0,280	44,5	45	0 -2	39		250	210	50	63	25	200	40	0,6	4	
50		38		49,5	50		43,5											
56	-0,100 -0,146	42	-0,130 -0,290	55,5	56		48,6		280	240	63	70	32	220	52			
63		48		62,5	63		55	-0,60 -0,106										
70		53	-0,140 -0,330	69,4	70		61		320	280	70	80	36	280	56	0,8	6,3	
80		60		79,4	80		69,5											
90	-0,120 -0,174	68	-0,150 -0,340	89,2	90		78,5		360	320	80	100	40	320				
100		75		99,2	100		87	-0,072 -0,126										

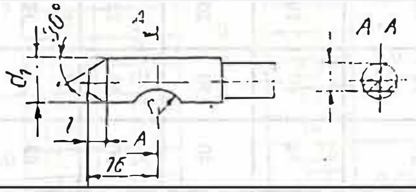
Pentru maşini de broşat verticale, în cazul broşelor cu d_1 = 4...18 mm, partea de prindere are forma ca în figura 5.11, iar dimensiunile rezultă din tabelul 5.3.

Pentru maşini de broşat verticale, pentru broşe cu d_1 = 20...100 mm, partea de prindere are forma reprezentată figura 5.12: cu asigurare la rotire (fig. 5.12,*a*) şi fară asigurare la rotire (fig. 5.12,*b*); dimensiunile sunt date în tabelul 5.4.

În cazul broşelor de dimensiuni mici, cu d_1 = 5...11 mm, pentru dispozitive de prindere cu schimbare rapidă, soluţia constructivă şi dimensiunile parţii de prindere rezultă din tabelul 5.5. (construcţie nestandardizată).

Tabelul 5.5

Dimensiunile cozilor pentru broşe cu diametrul mic



Dimensiuni, mm				Sectiunea A-A în mm^2
d_j	h	r	l	
5	3,4	3	1,2	14,3
5,5	3,8	3	1,2	17,6
6	4	3	1,2	20,1
7	4,7	4	2	27,6
8	5,4	4	2	36,3
9	6	5	2	45,3
10	6,8	6	3	57,2
11	7,5	8	3	69,4

Partea de prindere cilindrică în cazul fixării prin pană transversală pe maşinile de broşat orizontale are forma şi dimensiunile date în tabelul 5.6 (construcţie nestandardizată).

Broşele cu **cozi prismatice** pot fi fixate în dispozitivul maşinii-unelte, fie cu fălci laterale (STAS 7991-83), fie prin pană transversală.

Pentru primul caz partea de prindere poate fi cu secţiune întărită (fig. 5.13 şi tabelul 5.7) sau cu secţiunea neântărită (fig. 5.14 şi tabelul 5.8).

În cazul prinderii cu pană transversală, forma şi dimensiunile părţii de prindere rezultă din tabelul 5.9.

a2) In cazul **broşelor pentru prelucrarea suprafeţelor exterioare** fixarea lor este făcută în dispozitive speciale, pe plăci de bază, care mai îndeplinesc şi alte funcţiuni (printre care reglarea la cotă). Din marea varietate de soluţii constructive, în figura 5.15 sunt reprezentate câteva variante. Broşa *1* este fixată pe placa de bază *2*, direct sau prin intermediul penelor *4*. Reglarea la cotă a broşei se face cu ajutorul penelor *3*. Eforturile de aşchiere sunt preluate prin intermediul penelor prismatice *5* (fig. 5.15,*a*).

b. **Partea gâtuita (redusa) a broşei** are lungimea l_2 şi diametrul d_2 (fig. 5.8). Este porţiunea cu secţiunea cea mai mică de pe întreaga lungime a broşei. Are rolul de

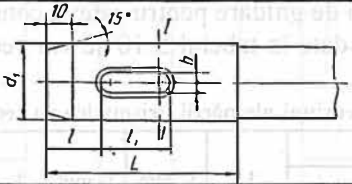
protecţie a broşei. Ea există numai la broşele de interior. Daca broşa se face cu coadă sudată, îmbinarea se găseşte în zona gâtului broşei.

Diametrul d_2 este cu *0,5...4 mm* mai mic decât diametrul d_1 al părţii de prindere. Lungimea l_2 este cotă liberă (se va calcula ulterior; vezi subpunctul *e*).

c. **Conul de ghidare** de lungime l_3 (fig. 5.8) face legătura între gâtul broşei şi partea de ghidare din faţă; are rolul unui căutător de gaură.

Tabelul 5.6

Dimensiunea cozilor pentru prinderea broşelor cu pană transversală



d_1 nominal	d_1 toleranţa	L	l	l_1	b	Secţiunea slăbită mm^2
8		60	16	12	2	34
9	-0,03					45
10						48
12		65	20	16	3	76
13						93
14		70	25	20	4,5	91
15	-0,035					110
16						129
18						146
20						194
22		75	28	20	6	246
25						291
26	-0,045	75	30	20	8	323
28						392
30						400
32		80	32	20	10	480
36						665
38	-0,05					745
40		85	35	25	12	765
42						880

Diametrul minim al sau este egal cu d_2, iar lungimea l_3 = 10...20 mm.

d. **Partea de ghidare din faţă**, de lungime l_4 şi de diametru d_4 (fig. 5.8), are rolul de a orienta şi ghida broşa în alezajul iniţial executat în piesă. Dacă sunt mai multe broşe în set, partea de ghidare din faţă a unei broşe corespunde ca formă şi dimensiuni ultimului dinte al broşei precedente.

Suprafaţa părţii de ghidare împreună cu alezajul din piesă formează un ajustaj alunecător (*je2*). Rugozitatea acestei suprafeţe corespunde clasei a două de precizie (R_a = 0,8 μm).

Şi toleranţele corespund clasei a două de precizie şi, pentru orientare, în tabelul 5.10 sunt date toleranţele părţii de ghidare pentru câteva construcţii de broşe. În cazul broşării găurilor lungi toleranţele date în tabelul 5.10 se vor reduce la jumătate.

Tabelul 5.7

Dimensiuni ale părţii prismatice cu secţiune întărită

b_1	h	b_3 nominal	b_3 abateri limită c11	l_5	l_2 min	l_3 min	l_4	b_2	c	k	r_1	r_2
2	4	1,5						3	0,3			
2,5	5		-0,060 -0,120					4				
3	6	2,5							0,5			
4	9	4						6				
5	11	5	-0,070 -0,145					8				
6	15	6						10	0,8			
7		7		180	14	20	16			0,1	0,2	0,6
8	18	8	-0,080 -0,170					12				
10	22	10						15				

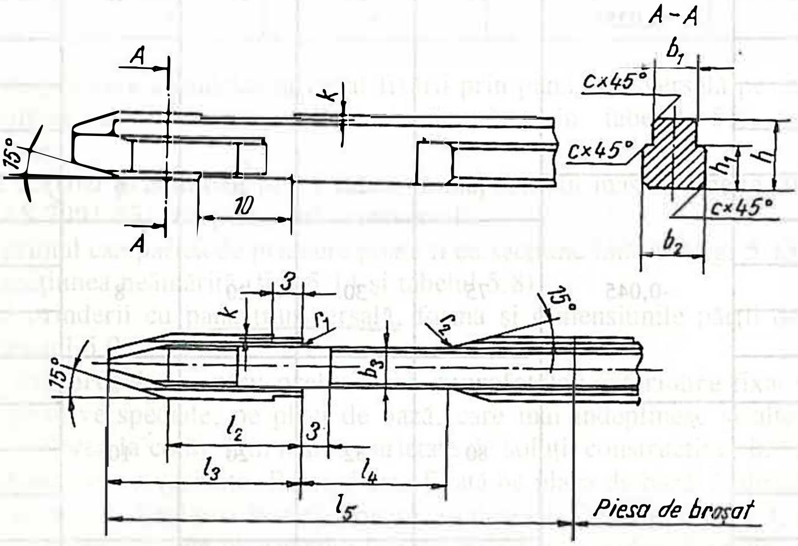


Fig. 5.13

Tabelul 5.8

Dimensiuni ale părţii de prindere (fig. 5.14)

b_1		b_3		l_5	l_2 min	l_3 min	l_4	h	c	k	r_1	r_2
nominal	abateri limită *c11*	nominal	abateri limită *c11*									
4	-0,070 -0,145	2,5	-0,060 -0,120	180	14	20	16	9	0,5	0,1	0,2	0,6
5		3,2	-0,070 -0,145					11				
6		4						15	0,8			
7	-0,080 -0,170	4,5						18				
8		5										
10		7	-0,080 -0,170					22				
12	-0,095 -0,205	8		200	17	25	18	28	1,0	0,15	0,3	1
14		10						30				
16		12	-0,095 -0,205					36				
18		13					22	40				
20	-0,110 -0,240	15						45				
22		16,5										
24		18						50				
25		19	-0,110 -0,240									
28		21		220	20	30	28	55		0,2	0,4	1.6
32	-0,120 -0,280	24						60				
36		28										
40		32	-0,120 -0,280									
45		36		250	28	40	36			0,25	0,5	2,5
50	-0,130 -0,290	40										

Observaţii: 1. Valorile cotei *h* au caracter de recomandare. 2. Valorile cotei l_5 sunt informative.

Lungimea l_4 depinde de lungimea de broşat a piesei.

Pentru fiecare construcţie de broşe se vor face recomandări privind dimensionarea părţii de ghidare din faţă.

e. **Coada broşei** înglobează partea de prindere, gâtul, conul de trecere şi partea de ghidare din faţă (fig. 5.8).

Lungimea l_{cd} a cozii (fig. 5.16) va fi $l_{cd} \geq l_p + l_s + l_1$, în care l_p reprezintă lungimea piesei; l_s - lungimea suportului de prindere a piesei în maşina de broşat şi l_1 - lungimea părţii de prindere a broşei. Astfel lungimea l_2 a gâtului broşei va rezulta

$$l_2 \geq l_{cd} - (l_1 + l_3 + l_4).$$

Pentru fiecare construcţie de broşe se vor face recomandări privind dimensionarea cozii l_{cd} şi a gâtului l_2.

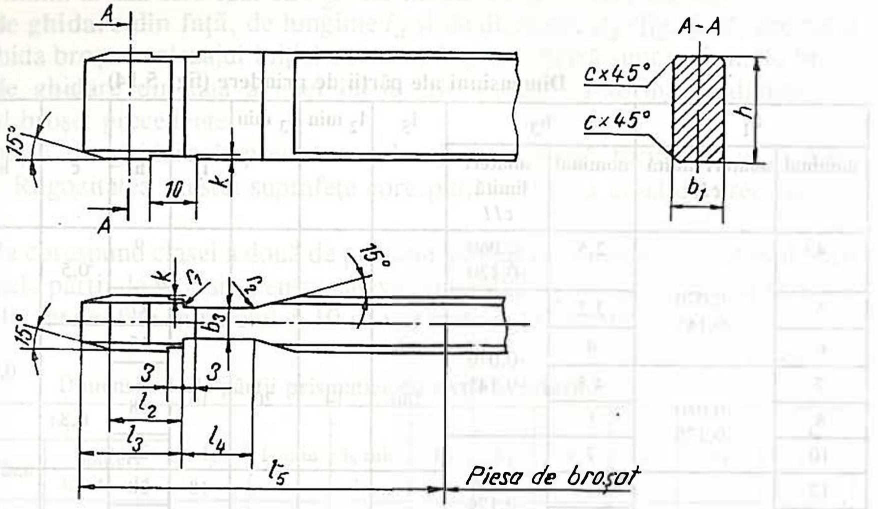
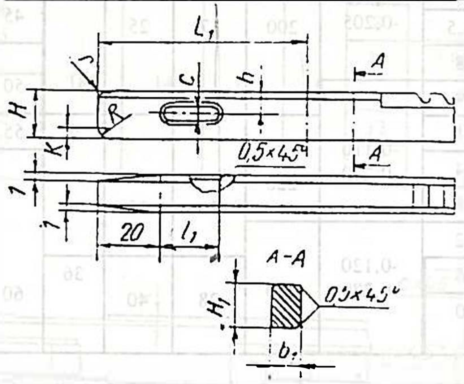


Fig. 5.14

Tabelul 5.9

Dimensiunile cozii prismatice la prinderea prin pană transversală



b	h	c	l_1	R	L_1
3	4,2	2,5	20	30	60
4	5,2	4	20	30	60
5	7,2	5	20	30	60
6	10,2	6	30	40	60
8	12,2	6	30	60	60
10	16,2	8	40	60	60
12	24,2	8	40	80	70
16	30,2	10	45	100	70
20	30,2	10	45	100	70

Pentru diametre mici (10...12 mm), coada este dintr-o bucată cu partea activă. Peste aceste dimensiuni, coada este executată din oţel de construcţie (OLC45, OLC6O, MCW14) şi poate fi sudată (în zona gâtului) sau îmbinată prin filet cu restul broşei (pentru diametre mai mari de 40 mm).

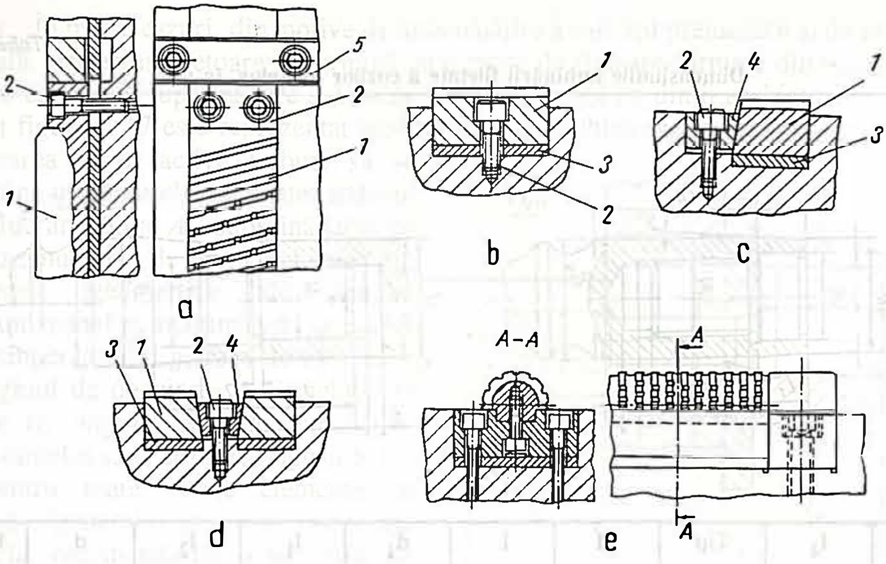


Fig. 5.15

În tabelul 5.11 sunt reprezentate două soluţii constructive de îmbinare prin filet a cozii broşei precum şi dimensiunile recomandate pentru ele. În tabel, pe ultima coloană este dată forţa admisibilă suportată de coada broşei.

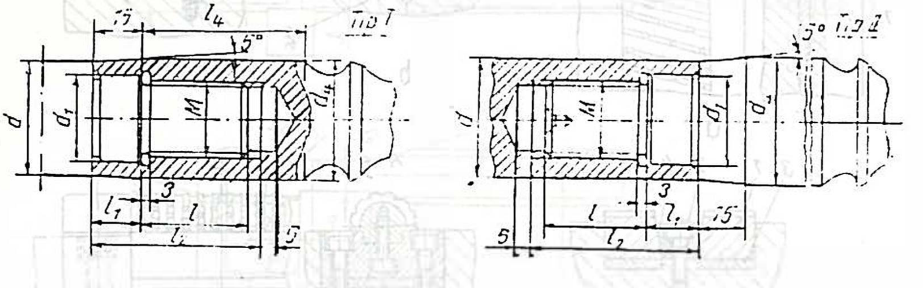
Tabelul 5.10

Toleranţe pentru diametrul părţii de ghidare din faţă, în mm

Tipul broşei	Diametrul d_4 sau distanţa dintre laturile poligonului (B; H)					
	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120
Cilindrice pentru caneluri dreptunghiulare	- 0,07 - 0,10	- 0,09 - 0,125	- 0,10 - 0,145	- 0,12 - 0,17	- 0,15 - 0,21	- 0,18 - 0,24
Plane, canale de pană	- 0,05 - 0,08	- 0,06 - 0,095	- 0,07 - 0,115	- 0,08 - 0,13	- 0,10 - 0,16	- 0,12 - 0,19
Caneluri evolventice, caneluri triunghiulare	Distanţa dintre role					
	Diametrul		Modulul			
			≤ 3 mm		> 3 mm	
	≤ 30		- 0,02 - 0,04		-	
	> 30		-0,03 -0,06		0.04 0,075	

Tabelul 5.11

Dimensiunile îmbinării filetate a cozilor broşelor, în mm



d_4	l_4	Tip	M	l	d_1	l_1	l_2	d	F_2, în daN
40	55	I	M27x1,5	35	29	15	55	35,5	10 000
42,5	-	II						40	
42,5	60	I	M30x1,5		32			40	12 500
44	-	II						41,5	
45	60	I	M33x1,5		35			41	15 000
50,5	-	II						45	
58	75	I	M42x1,5	40	44		60	49,5	25 000
62,5	-	II						58	
62,5	80	I	M45x1,5	45	47		65	58	29 000
76	-	II						62	
76	90	I	M48x1,5	50	50	20	75	61	33 000
76	-	II						66	
76	95	I	M52X1,5	55	54		80	65	39 500
76	-	II						72	

În calculele de rezistenţă, pentru cazul cozilor aplicate executate din oţel de construcţie, efortul unitar admisibil la întindere se poate lua $\sigma_a = 25$ daN/mm^2.

În cazul broşelor de diametru relativ mare ($d > 45$mm) dinţii broşei (executaţi din oţel de scule sau amestecuri de carburi metalice) sunt aplicaţi demontabil pentru un corp central, care are în componenţă şi coada broşei, executat din oţel de construcţie.

5.3.2. Partea de aşchiere

Partea de aşchiere este formată din toţi dinţii aşchietori ai broşei. Aceşti dinţi, în funcţie de schema de broşare sunt poziţionaţi unul faţa de altul prin supraînălţarea pe

dinte a_z. În multe cazuri, din motive de îmbunătăţire a calităţii prelucrării şi de exploatare raţională, partea aşchietoare se termină cu o parte de finisare formată din 4...8 dinţi de finisare care au o supraînălţare substanţial micşorată faţă de dinţii aşchietori.

În figura 5.17 este reprezentat profilul dinţilor aşchietori. Pentru proiectarea părţii active trebuie să se determine următoarele elemente: adaosul de prelucrare radial A_r; supraînălţarea pe dinte a_z; numărul de dinţi aşchietori z_a; elementele geometrice ale dintelui aşchietor (pasul p, înalţimea h, grosimea s, grosimea golului g, raza de racordare r, unghiul de degajare γ, unghiul de aşezare α, unghiul spatelui dintelui η, forma dintelui ş.a.) conform figurii 5.17.

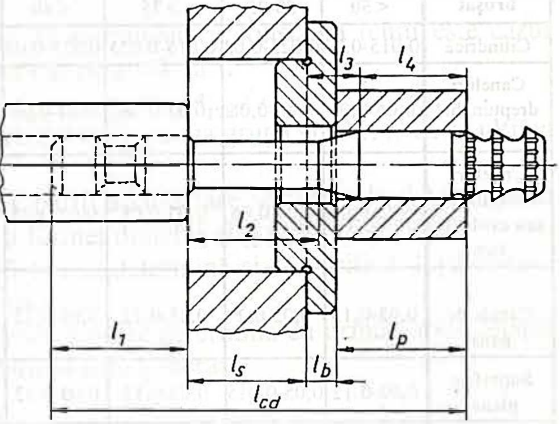


Fig. 5.16

Pentru toate aceste elemente cu caracter general se vor prezenta ipotezele, recomandările şi modurile de determinare. Acestea vor fi dezvoltate mai jos pentru fiecare tip de broşă.

a. **Adaosul de prelucrare** reprezintă distanţa dintre suprafaţa iniţială şi cea prelucrată prin broşare. În calculele ce vor urma va fi vorba despre adaosul de prelucrare radial A_r.

Determinarea lui ţine seama de mai mulţi factori: forma şi dimensiunile suprafeţei iniţiale, calitatea prelucrării iniţiale, toleranţa suprafeţei broşate ş.a. Pentru fiecare construcţie de broşă va fi determinat adaosul de prelucrare.

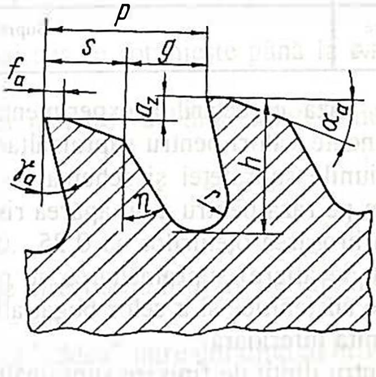


Fig. 5.17

Dacă partea activă se termină cu dinţi de finisare, adaosul de prelucrare radial A_r trebuie împărţit în două componente: de degroşare A_{rd} şi de finisare A_{rf}.

Împărţirea pe cele două componente se poate face în două moduri:

-fie alegând supraînălţarea pe dintele de finisare a_{zf} şi numărul de dinţi de finisare z_f = 4...8 dinţi, calculând adaosul de finisare $A_{rf} = (z_f - 1)a_{zf}$, rezultând $A_{rd} = A_r - A_{rf}$;

-fie, după unii autori, împărţind $A_{rd} = (7/8)A_r$ şi $A_{rf} = (1/8)A_r$.

b) **Supraînălţarea pe dinte** a_z (fig. 5.17) se determină în funcţie de mai mulţi parametrii: materialul piesei, tipul şi dimensiunile suprafeţei, schema de broşare ş.a. Mărimea supraînălţării se alege pe criterii de rezistenţă mecanică, pe criterii de calitate a suprafeţei de prelucrat şi pe criterii tehnico-economice: supraînălţare a_z mare înseamnă forţe de aşchiere mari, broşa scurtă, rugozitate mare, productivitate ridicată.

Tabelul 5.12

Supraînălţări pe dinte (radiale) la broşare [mm]

Tipul broşării şi al suprafeţei de broşat	Materialul de prelucrat								
	Oţel carbon şi slab aliat, σ_r			Oţel bogat aliat		Fontă		Aliaje de Al, Mg	Bronz, alamă
	<50	50-75	>75	<80	>80	cenuşie	maleabilă		
Cilindrică	0,015-0,02	0,025-0,03	0,015-0,025	0,025-0,03	0,01-0,025	0,03-0,08	0,05-0,1	0,02-0,05	0,05-0,12
Caneluri dreptunghi-ulare	0,04-0,06	0,05-0,08	0,03-0,06	0,04-0.06	0,025-0,05	0,04-0,1	0,05-0,1	0,02-0,1	0,05-0,12
Caneluri triunghiulare sau evolven-tice	0,03-0,05	0,04-0,06	0,03-0,05	0,03-0,05	0,02-0,04	0,04-0,08	0,05-0,08	-	-
Canale de pană	0,05-0,15	0,05-0,2	0,05-0,12	0,05-0,12	0,05-0,10	0,06-0,20	0,06-0,20	0,05-0,08	0,08-0,2
Suprafeţe plane	0,03-0,12	0.05-0,015	0,03-0,12	0.03-0,12	0,03-0,1	0,06-0,2	0,05-0,15	0,05-0,08	0,06-0,15
Profile complexe	0,02-0,05	0,03-0,06	0,02-0,05	0,02-0,05	0,02-0,04	0.03-0,08	0,05-0,1	0,02-0,05	0,05-0,12
Găuri poligonale	Treapta I-a 0,06 - 0,08			Treapta a II-a 0,1 - 0,2			Treapta a III-a 0,15 - 0,3		
Broşare progresivă	Supraînălţarea pe grupe de dinţi (radială) 0,2-0,4								

Pe baza cercetărilor experimentale şi a practicii curente, în tabelul 5.12 sunt recomandate valori pentru supraînălţarea radială în funcţie de materialul piesei, tipul şi dimensiunile suprafeţei şi schema de broşare. Nu se recomandă valori pentru a_z < 0,01mm pe rază pentru a nu apărea riscul tasării meterialului şi nu al aşchierii lui.

La broşarea oţelurilor cu 0,25...0,4 % C sau a oţelurilor slab aliate (sub 1.5 % element de aliere) supraînălţarea se poate alege spre limita superioară; în timp ce la oţelurile austenitice şi a celor bogat aliate (cu Cr, Ni, W) supraînălţarea va fi cu valori spre limita inferioară.

Pentru dinţii de finisare supraînălţarea a_z se poate alege în două moduri:

- supraînălţarea pe dinte scade de la dinte la dinte, către sfârşitul părţii aşchietoare cu 0,01...0,02 mm pe diametru;

- primul dinte de finisare va avea supraâinălţarea $0{,}8 \times a_z$, al doilea $0{,}5 \times a_z$, al treilea şi următorii $0{,}3 \times a_z$.

c. **Numărul de dinţi aşchietori** z_a ai broşei depinde de adaosul de prelucrare radial A_r şi de supraînălţarea radială pe dinte a_z.

Dacă primul dinte nu are supraînălţare (este cazul suprafeţelor iniţiale doar degroşate), atunci $z_a = (A_r / a_z) + 1$, iar dacă suprafaţa iniţială este semifinisată (atunci primul dinte este aşchietor şi va avea supraînălţare) caz în care $z_a = A_r / a_z$.

Dacă partea activă are dinţi de finisare, numarul de dinţi $z_a = z_d + z_f$ în care dinţii de degroşare şi cei de finisare vor fi $z_d = (A_{rd} / a_{zd}) + 1$; $z_f = A_{rf} / a_{zf}$, cu observaţia că *1* se adoptă la grupa dinţilor de degroşare în condiţia în care primul dinte

nu are supraînălţare. Se mai face observaţia că numărul dinţilor de finisare se poate şi alege $z_f = 4...8$ dinţi.

Se recomandă, din motive de exploatare îndelungată, ca la numărul de dinţi z_a determinat mai sus să se adauge 2...4 dinţi fără supraînălţare, cu dimensiunile egale cu ai ultimului dinte de finisare (nu dinţi de calibrare). Aceşti dinţi, odată cu reascuţirea broşei, devin dinţi aşchietori.

Dacă adaosul A_r este împărţit în zone de supraînălţare constantă (cum este cazul broşării alezajelor poligonale), numărul de dinţi pe zonă va fi

$$z_{a1} = (A_{r1} / a_{z1}) + 1 \; ; \; z_{a2} = A_{r2} / a_{z2} \; ; \; z_{an} = (A_{rn} / a_{zn}) + (2...4),$$

ţinând seama de observaţiile de mai sus privind 1 de la prima grupă şi $(2...4)$ de la ultima grupă.

d. **Elementele geometrice ale dinţilor** părţii aşchietoare se referă la determinarea dimensiunilor, geometriei constructive şi a formei dintelui şi golului (fig. 5.17).

d1. **Pasul dinţilor aşchietori** p (fig. 5.17) se determină şi se verifică după criterii funcţionale, de rezistenţă şi tehnico-economice.

În funcţie de schemele de aşchiere, pasul se poate determina cu următoarele relaţii:
- pentru schemele de broşare după profil şi prin generare

$$p = (1,25...1,5)\sqrt{l_p};$$

- pentru schema de broşare progresivă

$$p = (1,45...1,9)\sqrt{l_p},$$

ajungând în cazul suprafeţelor plane

$$p = (2...4)\sqrt{l_p},$$

în care l_p reprezintă lungimea de broşat a piesei.

Valoarea calculată cu una din relaţiile de mai sus se rotunjeşte până la o valoare acceptabilă tehnologic.

Valoarea calculată se verifică la condiţia ca numărul de dinţi aflaţi simultan în aşchiere z_{sim} sa fie $2 \leq z_{sim} \leq 6$.

Numarul de dinţi z_{sim} se calculează:
- valoarea minimă $z_{sim} = l_p / p;$
- valoarea maxima $z_{sim} = (l_p / p) + 1;$
- dacă piesa are o discontinuitate (canal) pe directia de broşare de lungime l

$$z_{sim} = l_p/p + 1 - l/p.$$

Prima restricţie ($z_{sim} \geq 2$) arată că piesa nu va "cădea" între doi dinţi ai broşei. Cea de a două restricţie ($z_{sim} \leq 6$) este impusă de limitarea forţelor de broşare la valori admisibile. Se admite în cazul lungimilor de broşat mari (l_p = 80...160 mm) ca z_{sim} = 6...9 dinţi pentru mărimi ale pasului p = 14...20 mm.

Din motive funcţionale (calitatea suprafeţei, eliminarea vibraţiilor forţate), există recomandarea, chiar dacă intervin dificultăţi tehnologice la execuţia şi ascuţirea broşei, ca pasul p să fie variabil de la dinte la dinte. Variaţia se distribuie pe grupe de 3...6 dinţi în jurul valorii nominale a pasului cu mărimi de ordinul 0,2...0,5 mm pentru $p \leq 8$ mm şi de ordinul 0,5...1 mm pentru $p > 8$ mm.

d2) **Înălţimea dintelui** h (fig. 5.17) se determină din condiţia ca suprafaţa secţiunii golului dintre doi dinţi vecini, în care înmagazinează aşchia, să fie de k ori mai mare decât aria secţiunii longitudinale a aşchiei s_{la}. Coeficientul k se numeşte *coeficient de umplere*.

Ţinând seama de această condiţie, h se calculează cu relaţia

$$h \approx 1{,}13(k\, a_z\, l_p)^{1/2}.$$

Coeficientul de umplere k depinde de materialul de prelucrat (caracterizat de tipul de aşchii de rupere sau de alunecare) şi de mărimea supraînălţării a_z, în tabelul 5.13 fiind făcute recomandări asupra mărimii lui.

Tabelul 5.13

Valorile recomandate pentru coeficientul de umplere k

Supraînălţarea pe dinte az (mm)	Materialul piesei				
	Oţel, σ_r (daN/mm^2)			Fontă, bronz	Aliaje de aluminiu si magneziu; alama
	< 40	40-70	>70		
< 0,03	3	2,5	3	2,5	3
0,03 - 0,07	4	3	3,5	2,5	3,5
> 0,07	4,5	3,5	4	2	4

Valoarea calculată pentru înălţimea h se rotunjeşte la o valoare convenabilă tehnologic.

În unele cazuri, pentru o anumită înalţime h aleasă apriori, se poate calcula supraînălţarea limită pentru o valoare a coeficientului k

$$a_z \leq (0{,}785\, h^2 / (k\, l_p)).$$

În cazul în care supraînălţarea este variabilă pe trepte de broşare (ca la broşarea alezajelor poligonale) şi înalţimea dintelui va varia corespunzător de la treaptă la treaptă.

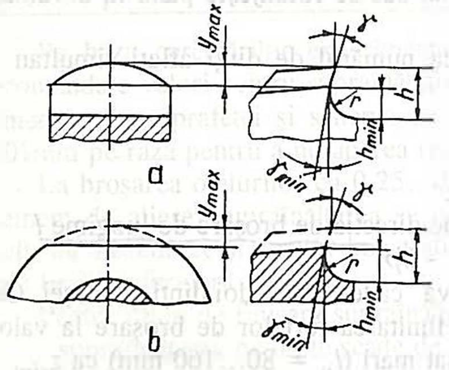


Fig. 5.18

Când piciorul dintelui nu urmăreşte muchia şi înălţimea dintelui este variabilă (fig. 5.18), unghiul de degajare va varia micşorându-se cu scăderea înalţimii dintelui. Dacă se pune condiţia ca unghiul de degajare să nu scadă sub o valoare minimă, atunci înălţimea minimă a dintelui trebuie să fie

$$h_{min} \geq y_{max} + r\,(1 + \sin(\gamma - \gamma_{min})),$$

în care y_{min} este deplasarea maximă a muchiei faţă de valoarea nominală (fig. 5.18); r - raza de racordare la piciorul dintelui; γ - unghiul de degajare la vârful dintelui la înălţimea nominală h. Dacă nu se respectă condiţia, se măreşte unghiul, se micşorează raza r, dar nu sub $r < 0.4\, h$ sau se face golul de înălţime constantă.

d3) **Forma sau profilul dintelui** depinde de tipul aşchiei, de mărimea supraâinălţarii şi de felul suprafeţei de prelucrat.

În cazul aşchiilor de alunecare golul are racordări ca în figura 5.19,*a* pentru a permite înfăşurarea aşchiei. Aşchiile de rupere sau de alunecare scurte (apar la broşarea fontelor, alamelor, oţelurilor fragile) se aşează în golul dintre dinţi ca în figura 5.19,*b*, caz în care golul nu are profilul cu racordări speciale.

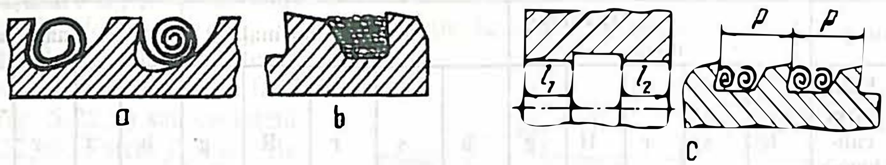


Fig. 5.19

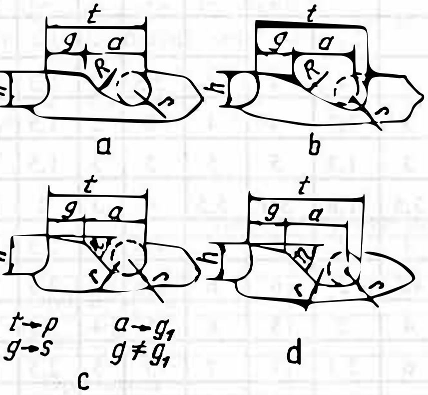


Fig. 5.20

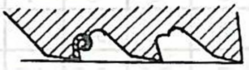


Fig. 5.21

În cazul broşărilor suprafeţelor întrerupte se foloseşte un profil de dinte cu pas mărit (fig. 5.19,*c*).

În practica tehnologică s-au impus câteva variante de forme de dinţi care sunt reprezentate în figura 5.20: cu spatele dintelui curbiliniu (fig. 5.20,*a,b*); cu spatele dintelui rectiliniu (fig. 5.20,*c,d*); cu pas normal (fig. 5.20,*a,c*); cu pas mărit (fig. 5.20,*b,d*). Din punct de vedere al adâncimii golului, acestea pot fi cu adâncime mică, cu adâncime normală şi cu adâncime mărită. Canalele cu adâncime mică se folosesc pentru aşchii subţiri (broşarea după profil sau prin generare), iar canalele cu adâncime mare se folosesc pentru aşchii groase (broşarea progresivă, pentru suprafeţe plane, canale de pană).

În figura 5.21 este reprezentată o variantă a unui gol cu prag de rupere a aşchiei (construcţie relativ veche, dar care nu s-a impus datorită complicaţiilor tehnologice).

Dinţii de finisare au acelaşi profil ca şi dinţii de degroşare.

d4) Celelalte **dimensiuni** ale dinţilor broşei (fig.5.20) se determină funcţie de pas:

- grosimea dintelui, $s = (0.3 \ldots 0.35)\, p$;
- grosimea golului, $g = (0.65 \ldots 0.7)\, p$;
- raza de racordare, $R = (0.65 \ldots 0.7)\, p$;
- raza de racordare de la fundul dintelui, $r = 0{,}2\, p$ sau $r = 0{,}5\, h$;
- unghiul spatelui dintelui $\eta = 30° \ldots 45°$.

Valorile calculate se rotunjesc convenabil.

Tabelul 5.14

Dimensiunile dinţilor broşelor, (mm)

Pasul p		Înălţime mică					Înălţime normală					Înălţime mare				
Degroşare	Finisare, calibrare	h	s	r	H	g	h	s	r	R	g	h	s	r	R	g
4	4	1,5	1,5	0,8	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,5	4,5	1,5	1,5	0,8	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	5	1,5	2	0,8	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	5,5	1,5	2,5	0,8	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	6	1,5	2,5	0,8	3	3	2	2	1	4	4	2,5	2	1,3	4	4
7	5	2	3	1	4	4	2,5	3	1,3	4	4	3	2	1,5	5	5
8	6	2	3,5	1	4	4	2,5	3	1,3	5	5	3	3	1,5	5	5
9	7	2,5	3,5	1,3	5	5	3,5	3,5	1,8	5,5	5,5	4	3	2	6	6
10	7	3	4	1,5	5	5	4	4	2	6	6	4,5	3	2,3	7	7
11	8	3,5	4	1,8	7	7	4	4,5	2	6	6	4,5	4	2,3	7	7
12	9	3,5	5	1,8	7	7	4	4	2	8	8	5	4	2,5	8	8
13	10	4	5	2	8	8	4,5	6	2,3	7	7	5	5	2,5	8	8
14	10	4	6	2	8	8	5	6	2,5	8	8	6	4	3	10	10
15	11	4	6	2	8	8	5	5	2,5	10	10	6	5	3	10	10
16	12	5	6	2,5	10	10	6	6	3	10	10	7	5	3,5	11	11
17	13	5	6,5	2,5	10	10	6	6,5	3	10	10	7	6	3,5	11	11
18	13	6	7,5	3	10	10	7	7	3,5	11	11	8	6	4	12	12
19	14	6	8	3	10	10	7	8	3,5	11	11	8	7	4	12	12
20	15	7	8,5	3,5	11	11	8	8	4	12	12	9	6	4,5	14	14
21	16	7	9	3,5	11	11	8	9	4	12	12	9	7	4,5	14	14
22	16	7	9	3,5	11	11	8	9	4	12	12	9	8	4,5	14	14
24	18	8	8	4	16	16	9	8	4,5	16	16	10	8	5	16	16
25	19	8	9	4	16	16	9	9	4,5	16	16	10	9	5	16	16
26	20	9	10	4,5	16	16	10	10	5	16	16	12	8	6	18	18
28	21	9	10	4,5	16	16	10	10	5	18	18	12	10	6	18	18
30	22	9	12	4,5	16	16	10	10	5	18	18	12	12	6	18	18

În tabelul 5.14, corespunzător figura 5.20, sunt făcute recomandări privind dimensiunile dinţilor broşei. Se face observaţia că dimensiunea g este egală cu grosimea golului g numai în cazul golului cu grosimea normală, iar în cazul dinţilor cu grosime marită $g_1 < g$.

d5) **Geometria constructivă** a tăişului este reprezentată de unghiurile de degajare γ_a, de aşezare α_a şi de înclinare λ.

Unghiul de degajare γ_a se alege funcţie de materialul piesei.

Faţa de degajare poate fi executată (cel mai des) fără faţeta (fig. 5.22,*a*) sau cu faţetă (fig. 5.22,*b*). Faţeta f_γ este de ordinul 0,5...1 mm şi este orientată sub unghiul γ_1.

În tabelul 5.15 sunt recomandate valori pentru unghiul de degajare. În cazul broşelor cu diametrul sub 20 mm, la prelucrarea oţelului, unghiul de degajare γ_a = 8°...10°.

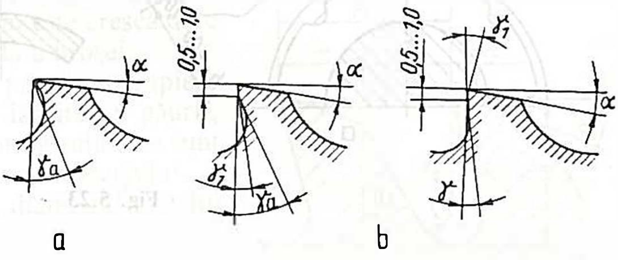


Fig. 5.22

Tabelul 5.15

Valori recomandate pentru unghiul de degajare

	γ_a°	γ_1°
Oţel, σ_r < 70	12 - 15	
Oţel, σ_r > 70	10	5
Oţel turnat	8 - 10	
Fontă cenuşie	5 - 10	-5
Fontă maleabilă	7 - 10	5
Aluminiu şi aliajele sale	15 - 30	15 - 30
Bronz, alamă	0 - 5	-10
Compoziţie de lagăre	15 - 20	15 - 20

Dinţii de finisare au unghiul de degajare egal cu al dinţilor de degroşare.

Unghiul de aşezare α_a (fig. 5.17) se alege în funcţie de felul şi calitatea suprafeţelor de prelucrat: pentru broşe de interior sau profilate α_a = 2°...4°; pentru broşe plane sau canale de pană α_a = 4°...5°, iar dacă există posibilitatea reglării la cotă α_a = 8°...12°.

Dinţii de finisare au unghiul de aşezare la fel ca cei de degroşare.

Faţeta f_α de pe faţa de aşezare (fig. 5.17) este o faţetă de ascuţire şi trebuie sa fie sub 0,05 mm.

Unghiul de înclinare λ este caracteristic broşelor plane late şi rar celor de interior. Existenţa lui duce la o uniformizare a eforturilor de aşchiere, orientează aşchiile ce se degajă într-o direcţie convenabilă, dar apare o componentă a forţei de aşchiere normală pe direcţia de broşat. Se alege constructiv cu valoarea λ = 10°...20° atât pentru dinţii de degroşare, cât şi pentru cei de finisare.

Datorită unghiului λ ≠ *0*, dimensiunile dintelui în secţiunea normală şi cele în secţiunea axială sunt legate prin relaţiile:

$$p = p_{ax}\cos\lambda;\ s = s_{ax}\cos\lambda;\ g = g_{ax}\cos\lambda;\ tg\gamma_{a.ax} = tg\gamma_a\cos\lambda;\ tg\alpha_{a.ax} = tg\alpha_a\cos\lambda$$

Dimensiunile dintelui pe înălţime nu se modifică de existenţa unghiului λ.

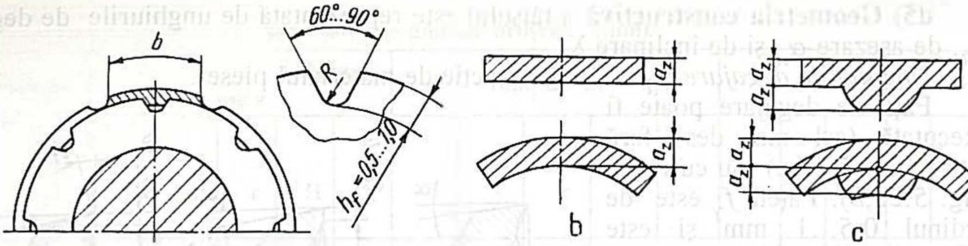


Fig. 5.23

e) **Canalele pentru fragmentarea aşchiilor** au rolul de a micşora lăţimea aşchiei. În figura 5.23,*a* este reprezentat în detaliu canalul de fragmentare. Adâncimea h_f este mai mare decât supraînălţarea a_z, iar dispunerea lor pe conturul dintelui se face în şicană de la dinte la dinte. Lăţimea continuă a aşchiei $b = 5...6$ mm, iar numărul canalelor se determină corespunzător.

În figura 5.23,*b* sunt reprezentate o aşchie rectilinie şi una curbilinie detaşate de un dinte fară canal de fragmentare.

Se remarcă în al doilea caz existenţa unei nervuri de înălţime egală cu a_z şi care se va găsi pe toată lungimea aşchiei.

Se justifică existenţa acestor canale prin următoarele:

- reducerea eforturilor de aşchiere datorită micşorării lucrului mecanic de deformare suplimentară a aşchiei la înfăşurarea ei în golul dintre dinţi;
- reducerea amplitudinii autovibraţiilor.

Nu se justifică existenţa canalelor de fragmentare prin următoarele argumente:

- condiţii de aşchiere nefavorabile pe tăişurile laterale formate de canalele de fragmentare (unghiuri α mici sau chiar nule);
- rigidizarea aşchiei prin existenţa nervurii longitudinale;
- dublarea suprafeţei de umplere a golului dintre dinţi;
- creşterea costului broşei printr-o manoperă suplimentară.

Se consideră că avantajele date de existenţa lor sunt foarte mici.

Considerăm că existenţa lor este nejustificată la prelucrarea materialelor care dau aşchii de rupere (fontă, materiale fragile), sau în cazul broşelor plane de lăţimi mici (cum sunt cele pentru canale de pană). Folosirea lor trebuie să se facă cu atenţie în special la alegerea coeficientului de umplere *k* în cazul broşării materialelor tenace (care dau aşchii de alunecare relativ lungi).

f) **Lungimea părţii de aşchiere** l_{as} (fig. 5.8) se determină cu relaţiile:

- dacă partea activă este formată numai din dinţi de degroşare $l_{as} = p\, z_a$;
- dacă partea activă are dinţi de degroşare şi dinţi de finisare

$$l_{as} = l_d + l_f = p(z_d + z_f).$$

5.3.3. Partea de calibrare

Partea de calibrare este formată din $z_c = 3...8$ dinţi de calibrare, fară supraînălţare, al căror profil rezultă din figura 5.24.

Pentru valori ale pasului dinţilor aşchietori $p > 8...10$ mm pasul dinţilor de calibrare p_c se recomandă a se alege $p_c = (0,6...0,7)p$, corespunzător

modificându-se şi celelalte dimensiuni: s_c, g_c, h_c, r_c (fig. 5.24).

Unghiul de degajare γ_c (fig. 5.24) se alege la fel ca pentru partea de aşchiere. Unghiul de aşezare α_c (fig. 5.24), ţinând seama de calitatea acestor dinţi şi de pericolul decalibrării broşei după reascuţiri, are valori foarte mici α_c = 0°30'...2°.

Faţeta f_c de pe faţa de aşezare (fig. 5.24) are valori relativ mari f_c = 0,2...0,8 mm este crescătoare de la dinte la dinte către partea finală a broşei.

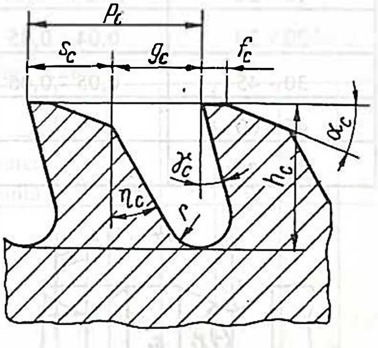


Fig. 5.24

În cazul broşării alezajelor cu pereţi groşi (piese rigide), datorită fenomenului de lărgire a găurii, dimensiunile transversale ale dinţilor de calibrare sunt mai mici decât dimensiunile maxime ale alezajului:

- în cazul alezajelor cilindrice, diametrul dintelui de calibrare d_c se determină

$d_c = D_{0max}$ - (0,005...0,015) sau

$d_c = D_{0max}$ - (1/8...1/4)T_D,

în care D_{0max} este diametrul alezajului final calculat la abaterea maximă, iar T_D este toleranţa ajustajului final;

- în cazul alezajelor poligonale, diametrul cercului circumscris poligonului se determină ca mai sus, iar deschiderea S_c dintre laturile poligonului dintelui de calibrare $S_c = S_{0max}$ - (1/8...1/4)T_S, în care S_{0max} este deschiderea poligonului piesei calculată la abaterea maximă, iar T_S - toleranţa acestei cote;

- în cazul broşelor plane sau pentru canale de pană, înălţimea H_c a dintelui de calibrare $H_c = H_{0max}$ - (0,005...0,015), în care H_{0max} corespunde înălţimii maxime a canalului determinată la abaterea maximă.

Dacă piesa este elastică (cu pereţi subţiri), dimensiunea transversală a dinţilor de calibrare se ia mai mare decât dimensiunea maximă a alezajului cu aceleaşi valori recomandate mai sus (în relaţiile de sus în loc de semnul minus se ia semnul plus).

În cazul broşării unor alezaje de calitate sau în cazul producţiei de serie mare şi de masă este recomandabil ca diametrul dinţilor de calibrare să se stabilească experimental: la început dinţii de calibrare se supraînalţă cu 0,01...0,03 mm faţă de cei de finisare şi, după ce se măsoară alezajul executat, dinţii de calibrare se aduc la cota necesară.

În unele cazuri partea de calibrare are în componenţă şi o parte de tasare (netezire) formată din z_t = 4...10 dinţi cu profilul reprezentat în figura 5.25. Pentru cele două forme constructive se recomandă următoarele dimensiuni:

p_t = 5...20 mm sau $p_t = (1...1,2)l_p^{0.5}$; $R = (0,15...0,25)p_t$; $s_t = (0,8...1)p_t$;

$g_t = (0,15...0,25)p_t$; $r = 0,05p_t$; $\gamma \approx$ - 85°.

Dinţii de tasare au diametrul mai mare decât cota finală cu valori stabilite experimental în funcţie de materialul piesei, şi care sunt recomandate în tabelul 5.16. În cazul existenţei dinţilor de tasare, diametrul d_c al dinţilor de calibrare se determină $d_c = D_{0max} - \delta$, în care δ = 0,05...0,15 mm pentru piese de oţel şi δ = 0,01...0,03mm pentru prelucrarea aluminiului, bronzului, compoziţiei de lagăre.

Se face observaţia că, în cazul unui set de broşe, numai ultima broşă din set are parte de calibrare. Lungimea părţii de calibrare se determină

- în cazul când sunt numai dinţii de calibrare $l_c = p_c z_c$;
- în cazul când există şi dinţi de tasare $l_c = p_c z_c + p_t z_t$.

Tabelul 5.16

Creşterea diametrală a dinţilor de netezire, [mm]

Diametrul	Oţel necălit	Oţel călit	Bronz	Alamă
10 - 20	0,025 - 0,04	0,005 - 0,01	0,035 - 0,045	0,03 - 0,035
20 - 30	0,04 - 0,05	0,007-0,0015	0,045 - 0,06	0,035 - 0,04
30 - 45	0,05 - 0,06	0,011 - 0,02	0,061 - 0,075	0,04 - 0,06
45 - 60	-	-	0,075 - 0,08	-
60 - 70	-		-	-

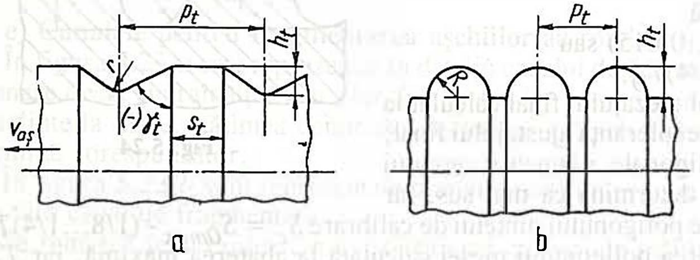


Fig. 5.25

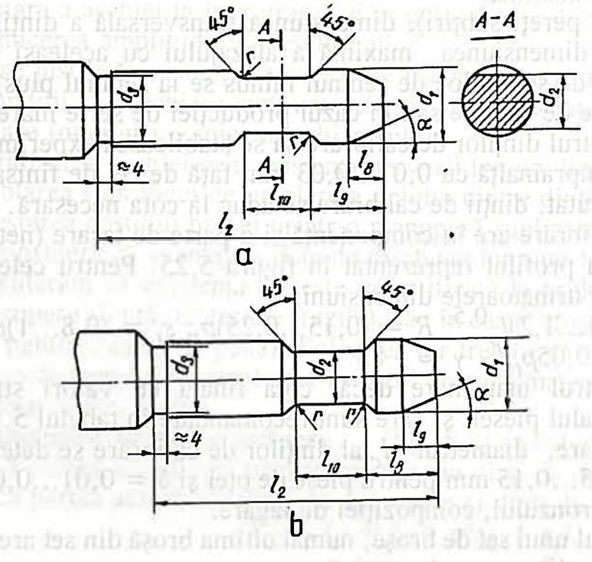


Fig. 5.26

5.3.4. Partea de ghidare posterioară

Partea de ghidare posterioară este de lungime l_6 şi cu diametrul d_6 (fig. 5.8). Forma şi dimensiunile secţiunii transversale corespund formei şi dimensiunilor transversale ale suprafeţei broşate. În cazul alezajelor cilindrice $d_6 = D_{0min}$ în care D_{0min} este diametrul alezajului calculat la abaterea minimă; sau se poate calcula şi $d_6 = D_0 - 0{,}01$. Toleranţa diametrului d_5 corespunde unui ajustaj alunecător în clasa a doua de precizie. La fel se calculează diametrul şi deschiderea în cazul alezajelor poligonale.

În cazul broşelor pentru canale de pană partea de ghidare din spate se formează din prelungirea ultimului dinte de calibrare.

Lungimea l_6 se alege constructiv:

- pentru alezaje $l_6 = (0{,}7...1)l_p$;
- pentru broşe plane sau canale de pană $l_6 = (1{,}5...2)p$.

Există numai în cazul broşelor care lucrează pe maşini semiautomate sau automate. În figura 5.26 sunt reprezentate cele două forme constructive (STAS 7991-83): forma *E* (fig. 5.26,*a*) şi forma *F* (fig. 5.26,*b*). Dimensiunile rezultă din tabelul 5.17.

Tabelul 5.17

Dimensiuni ale părţii de prindere (fig. 5.26)

Forma	d_1 nominal	d_1 abateri limită e8	d_2 nominal	d_2 abateri limită c11	d_3 nominal	d_3 abateri limită	l_2	l_8	l_9	l_{10}	r	α
E	4	-0,020 -0,038	2,3	-0,060 -0,120	4		63	16	0,6	16	0,2	45°
	5		3		5							
	6		3,6	-0,070 -0,145	6							
	8	-0,025 -0,047	5,5		8							
	10		7	-0,080 -0,170	10		80	20	8	20	0,3	10°
	12	-0,032 -0,059	9		12							
	16		12	-0,095 -0,205	16							
E,F	20	-0,040 -0,073	15		20				10		0,4	20°
	25		20	-0,110 -0,240	25							
	32	-0,050 -0,089	26		32		100	25	12		0,5	30°
	40		34	-0,120 -0,280	40							
	50		42	-0,130 -0,290	50	0		32	16		0,6	
	63	-0,060 -0,106	53	-0,140 -0,330	63	-1						
	80		68	-0,150 -0,340	80		125	40	20		0,8	
	100	-0,072 -0,120	86	-0,170 -0,390	100							

5.3.6. Lungimea broşei

Lungimea totală *L* este formată din lungimile părţilor componente (fig. 5.8)

$$L = l_{cd} + l_{as} + l_c + l_6 + l_7.$$

Pentru broşele de tracţiune, care prelucrează alezaje, din motive tehnologice, de tratament termic, de greutate, de reascuţire ş.a., se impune (condiţia de svelteţe): $L \leq 40\, d_p$, în care d_p este diametrul alezajului prelucrat. Dacă nu se îndeplineşte această condiţie, broşarea se va executa cu un set de broşe.

În cazul broşelor de dimensiuni relativ mari, lungimea este limitată de greutatea proprie, de posibilităţile tehnologice şi de exploatare.

5.3.7. Materiale folosite la executarea broşelor

Pentru partea activă a broşelor se recomandă folosirea următoarelor oţeluri: oţeluri slab aliate C15, MCW14 şi oţeluri bogat aliate C120, Rp3 şi Rp4. Când este posibil, în cazul broşelor plane sau cilindrice de dimensiuni relativ mari, partea activă se poate executa (demontabil sau nedemontabil) din amestecuri de carburi metalice sinterizate, mărcile K30, K40, K100 pentru prelucrarea fontelor, şi P20, P30, P40 pentru prelucrarea oţelurilor. Celelalte elemente, când broşa nu este monobloc, se execută din oţel de construcţie nealiat sau slab aliat.

5.3.8. Forţele de aşchiere la broşare

Dintre cele trei forţe de aşchiere, pentru calculele de proiectare, cea mai importantă este forţa principală de aşchiere F_z. Ea este necesară la verificarea de rezistenţă a broşei, a dispozitivului de prindere şi a posibilităţilor maşinii de broşat.

Pentru calculul forţei principale de aşchiere F_z *[daN]* în funcţie de suprafaţa de broşat se recomandă următoarele relaţii de calcul:

- pentru broşe cilindrice, de caneluri triunghiulare, alezaje poligonale (pătrate, hexagonale) $F_z = C_p\, a_z^x\, d\, z_{sim}\, k_\gamma$;
- pentru canale de pană $F_z = C_p\, a_z^x\, B\, z_{sim}\, k_\gamma$;
- pentru caneluri dreptunghiulare sau evolventice $F_z = C_p\, a_z^x\, B\, n\, z_{sim}\, k_\gamma$;
- pentru broşe plane cu dinţi drepţi sau înclinaţi $F_z = C_p\, a_z^x\, b\, k_\gamma\, k_\omega \sin\omega$;
- pentru broşe cilindrice cu dinţi elicoidali $F_z = C_p\, a_z^x\, d\, (l_p/p_{ax})\, k_\gamma\, k_\omega$.

Tabelul 5.18

Valorile coeficientului C_p şi ale exponentului x

Materialul piesei	HB	σ_r [daN/mm²]	C_p			x
			Canal de pană	Caneluri	Cilindrice	
Oţel de construcţie	< 200	< 70	177	212	700	0,85
	200 - 230	70 - 80	2[illegible]2	230	762	
	> 230	> 80	250	280	842	
Oţel turnat	< 200	< 70	202	230	762	0,85
	200 - 230	70 - 80	250	284	842	
	> 230	> 80	285	315	1000	
Oţel aliat cu Cr, Mo	250 - 270	-	-	-	800	0,8
Oţel aliat cu Cr, Ni, Mo	230 - 310	-	-	-	910	0,87
Fontă	≤200	-	115	125	300	0,73
	> 200	-	135	150	354	
Aluminiu, aliaje de Al şi Mg	-	-	135	150	490	0,6

Semnificaţiile termenilor sunt următoarele: C_p - constantă ce depinde de materialul piesei (tab. 5.18); a_z - supraînălţarea pe dinte [mm]; x - exponent politropic (tab 5.18); d -diametrul alezajului [mm]; B - laţimea canalului de pană sau a canelurii [mm]; n - numărul de caneluri; z_{sim} - numărul maxim de dinţi simultan aflaţi în aşchiere; k_γ - factor de influenţa a unghiului de degajare; ω - unghiul făcut de muchia dintelui cu direcţia de broşare ($\omega = 90° - \lambda$); k_ω - factor de influentă a inclinării dinţilor; l_p - lungimea de broşat (a piesei) [mm]; p_{ax} - pasul axial al dinţilor broşei [mm].

Factorul k_γ are următoarele valori: 1,1 pentru $\gamma_a = 5°$; 1 pentru $\gamma_a = 10°$; 0,95 pentru $\gamma_a = 15°$; 0,85 pentru $\gamma_a = 20°$.

Factorul de influenţă k_ω are următoarele valori: 1 pentru $\omega = 90°$; 1,04 pentru $\omega = 75°$; 1,08 pentru $\omega = 60°$.

Numărul maxim de dinţi simultan aflaţi în aşchiere este dat de relaţia

$$z_{sim} = (l_p/p) + 1.$$

Dacă broşarea se face fară lichid de răcire-ungere, valoarea forţei calculate cu relaţiile de mai sus se va înmulţi cu un coeficient de corecţie $k = 1{,}3$.

Dacă supraînălţarea a_z variază de la dinte la dinte se va calcula forţa de aşchiere pentru un dinte aflat în aşchiere şi apoi se va însuma pe cei z_{sim} dinţi.

Dacă există mai multe trepte de broşare cu diferite supraînălţari, se va calcula forţa pe fiecare treaptă şi pentru calculele de rezistenţă se va considera valoarea cea mai mare.

Broşa de tragere se verifică la întindere, iar cea de împingere la compresiune. Secţiunile periculoase ale broşei sunt: pe porţiunea de prindere, pe porţiunea gâtuită, şi secţiunea din faţa primului dinte.

Efortul unitar σ_{ef} se calculează cu relaţia

$$\sigma_{ef} = F_z/A, \quad \text{daN/mm}^2,$$

în care A reprezintă aria secţiunii periculoase [mm²] şi trebuie ca $\sigma_{ef} < \sigma_a$.

Eforturile unitare admisibile σ_a au următoarele valori:

- pentru broşe cilindrice de tragere $\sigma_a = 30$ daN/mm² în cazul broşelor din C12o şi $\sigma_a = 35$ daN/mm² în cazul broşelor din oţel rapid;

- pentru broşe poligonale, de caneluri şi canale de pană de tragere $\sigma_a = 20...25$ daN/mm².

- în cazul broşelor de împingere valorile admisibile sunt de 1,5 ori mai mari ca la cele de tragere.

Dacă coada broşei se face din alt material (oţel de construcţie nealiat sau slab aliat), efortul admisibil corespunde acestuia (în general la întindere $\sigma_a = 20...25$ daN/mm²).

Dacă se fac şi verificări la strivire (în zonele de contact cu dispozitivul de fixare) se recomandă ca efortul de strivire $\sigma_s \leq 60$ daN/mm².

Forta F_z calculată trebuie sa fie mai mică decât forţa asigurată de maşina de broşat şi se recomanda $F_z \leq 0{,}8 F_{maşină}$.

5.3.9. Condiţii tehnice

Principalele condiţii tehnice de execuţie sunt recomandate mai jos:

a) *Toleranţa dinţilor aşchietori*

- pentru broşe cilindrice, poligonale

$T_{as} = \pm$ (1/5) $2a_z$ sau $T_{as} = \pm$ (0,005...0,015)mm, dar nu mai mare de $\pm$ 0,02 mm;

- pentru broşele plane (toleranţa la înălţime a broşei) $T_{as} = \pm$ (0,005...0,01)mm;

- pentru lăţimea dintelui la broşarea canalului de pană sau a canelurilor

$T_{as} = \pm (1/3)T_B$, în care T_B este toleranţa la lăţimea canalului, dar nu mai mare de $\pm$0,02 mm.

b) *Toleranța dinților de calibrare* este întodeauna negativă:

- pentru broşele cilndrice, poligonale, de caneluri $T_c = -(1/3)T_S$, în care T_S este tolerența suprafeței de broşat;

- pentru broşele plane, toleranța la înălțime T_c = -(0,005...0,01) mm.

c) *Toleranțele de execuție pentru celelalte elemente constructive* (pas, înălțime, raze de racordare) se aleg corespunzător execuției medii (în limitele ± 0,2 mm).

d) *Bătaia părților de conducere* din față şi din spate este sub 0,05 mm.

e) Nu se admite *bătaia dinților de calibrare*.

f) *Abaterea unghiului de degajare* + 1° şi a celui *de aşezare* + 30'.

g) *Rugozitatea suprafețelor*:

- pentru fața de aşezare, părțile de ghidare din față şi din spate, fațetele dinților de calibrare, găurile de centrare R_a = 0,8 μm;

- pentru fața de degajare (şi pentru suprafețele de ghidare din față şi din spate) R_a = 1,6 μm;

- pentru celelalte suprafete R_a = 3,2 sau 6,3 μm.

5.4. CONSTRUCŢII DE BROŞE

Ca aplicații ale recomandărilor din subcapitolul precedent, pe tipuri de suprafețe, vor fi arătate construcții de broşe cu particularitățile specifice impuse de suprafața de prelucrat, de criteriile tehnologice de fabricație şi exploatare şi de criterii tehnico-economice.

5.4.1. Broşarea suprafețelor interioare cilindrice

La broşarea unui alezaj cilindric, adaosul radial A_r se determină astfel:

- dacă se cunosc dimensiunile initiale ale alezajului

$A_r = 0,5(D - D_0 + 0,7\,T)$, sau $A_r = 0,5(D_{max} - D_{0min})$;

- în cazul în care nu se cunosc dimensiunile initiale ale alezajului

$A_r = 0,5(c\, l_p^{0,5} + 0,005\,D)$ în care coeficientul c = 0,1 dacă prelucrarea initiala este burghierea şi c = 0,05 dacă prelucrarea initială este alezarea.

În relații, D şi D_0 reprezintă diametrele final şi inițial ale alezajului, D_{max} şi D_{0min} aceleaşi diametre calculate la abaterea maximă, respectiv minimă; l_p - lungimea de broşat; T - toleranța suprafeței broşate.

Adaosul A_r se poate împărţii în adaos de degroşare A_{rd} şi de finisare A_{rf} (vezi recomandările de la 5.3.2.a). Partea de ghidare din față va fi cilindrică cu diametrul $d_4 = D_{0min} - 0,05$, tolerat corespunzător clasei a doua de precizie (vezi şi tabelul 5.10), şi lungimea $l_4 = (0,7...1)l_p$.

Broşarea alezajelor cilindrice se face prin schemele de broşare după profil şi progresivă.

a. Broşarea după profil a alezajelor cilindrice. Este recomandată în cazul adaosurilor de prelucrare mici. Supraînălțarea pe dinte a_z se alege din tabelul 5.13, profilul dinților aşchietori este cel din figura 5.17, iar al celor de calibrare cel din figura 5.24. În figura 5.27 apare desenul de execuție al unei broşe cilindrice care aşchiază după profil. Dinții aşchietori au canale de fragmentare a aşchiilor. Pe desen apar toate secțiunile din care să rezulte profilul dinților aşchietori, de calibrare, geometria lor, găurile de centrare ş.a. Toate elementele constructive ale broşei se determină sau se aleg corespunzător recomandărilor din subcapitolul 5.3.

corespunzător recomandărilor din subcapitolul 5.3.

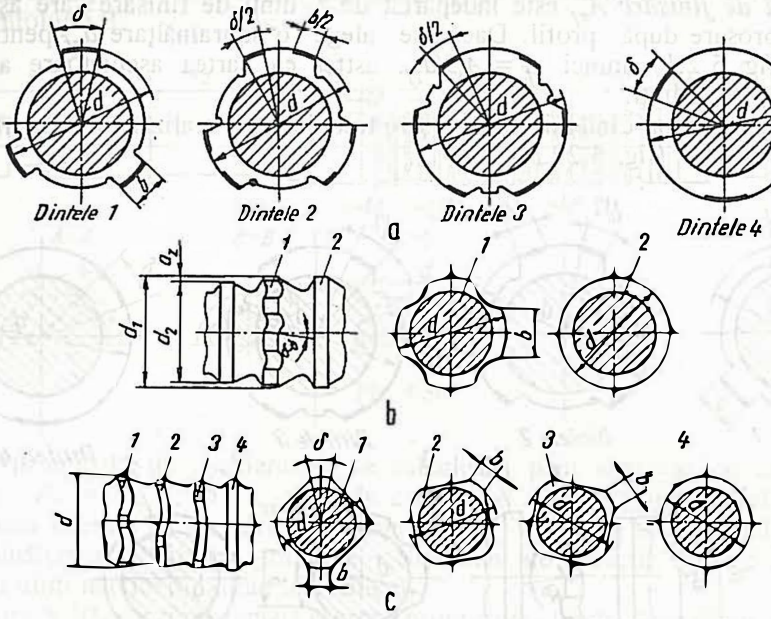


Fig. 5.27

Soluţia constructivă a broşării după profil are dezavantajele: broşă de lungime relativ mare; apăsare specifică mare pe tăişul dintelui, ceea ce înseamnă uzură rapidă.

b. Broşarea după schema progresivă a alezajelor cilindrice. Schema de broşare progresivă, aplicată la prelucrarea alezajelor cilindrice, are câteva variante ce sunt arătate în figura 5.28. La varianta din figura 5.28,*a* dinţii aşchietori ai broşei au forma unor *caneluri dreptunghiulare* cu lăţimea crescătoare de la dinte la dinte. În cazul construcţiei din figura 5.28,*b* dinţii sunt *canelaţi în arc de cerc* (sau *polilobaţi*, cu mai mulţi lobi) de asemenea, cu lăţimea crescătoare. În figura 5.28,*c,d* dinţii sunt *poligonali* patraţi, respectiv hexagonali, decalaţi unghiular pentru realizarea supraînălţarii laterale.

În cazul schemei progresive sunt două feluri de supraînălţari: o supraînălţare *laterală* b, care apare între dinţii aceleaşi grupe, şi o supraînălţare *radială* a_z, care apare între două grupe de dinţi.

Numărul de dinţi pe grupă poate fi $q = 2...6$ dinţi, iar numărul de vârfuri (caneluri sau vârfuri de poligon) poate fi $i = 3...8$ vârfuri.

Adaosul radial total A_r (fig. 5.29,*a*) este împărţit în cele două componente A_{rd} şi A_{rf} (vezi 5.3.2.a).

Adaosul de degroşare A_{rd} este îpărţit în adaosuri radiale parţiale $A_{rp} = a_z$ care vor fi îndepartate de câte o grupa de dinţi după schema progresiva. În funcţie de materialul piesei şi verificat la forţele de aşchiere $A_{rp} = a_z = (0,1...0,5)$ mm pe rază. Numărul de grupe de dinţi aşchietori va fi $n = A_{rd}/A_{rp} = A_{rd}/a_z$, iar dacă pe grupă sunt q dinţi, broşa va avea $z_d = n\ q$ dinţi de degroşare.

Din lăţimea totală a aşchiei $b_{tot} = \pi D_0$ revine fiecărui dinte din grupă o lăţime $b_q = \pi D_0/q$, care va fi repartizată simetric pe fiecare din cele i vârfuri ale unui dinte sub forma supraînălţării laterale $b = b_q/i = \Pi D_0/qi$. Lăţimea b se poate stabili asfel încât să nu fie necesară executarea canalelor de fragmentare a aşchiilor ($b \leq 6...8$ mm).

crescător cu $2a_z$ de la grupă la grupă.

Adaosul de finisare A_{rf} este îndepărtat de z_f dinţi de finisare care aşchiază prin schema de broşare după profil. Dacă se alege o supraînălţare a_{zf} pentru dinţii de finisare (v. fig. 5.2,*b*) atunci $z_f = A_{rf}/a_{zf}$, astfel că partea aşchietoare a broşei va avea $z_a = z_d + z_f$ dinţi.

Pe tăişul lateral al dintelui de degroşare trebuie să se realizeze un unghi de aşezare lateral $\alpha_l = 2°...4°$ (fig. 5.29,*b*).

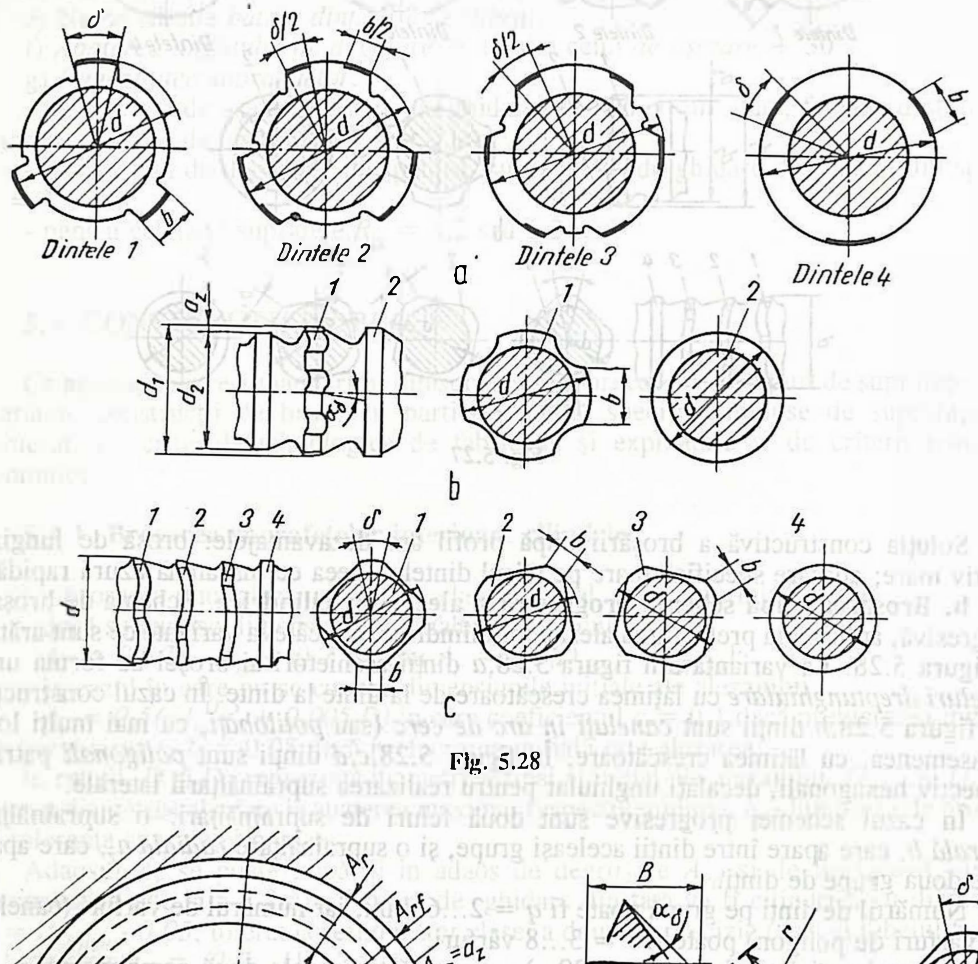


Fig. 5.28

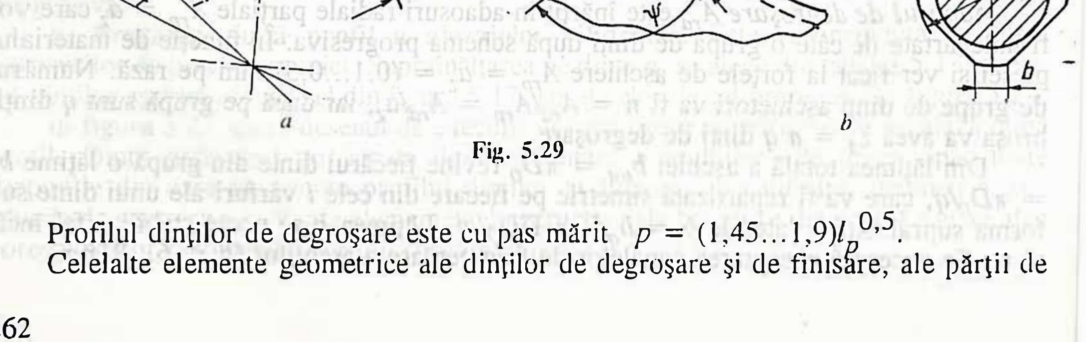


Fig. 5.29

Profilul dinţilor de degroşare este cu pas mărit $p = (1,45...1,9)l_p^{0,5}$.

Celelalte elemente geometrice ale dinţilor de degroşare şi de finisare, ale părţii de

calibrare, ale părţii de prindere din faţă şi altele, se determină conform recomandărilor din subcapitolul 5.3.

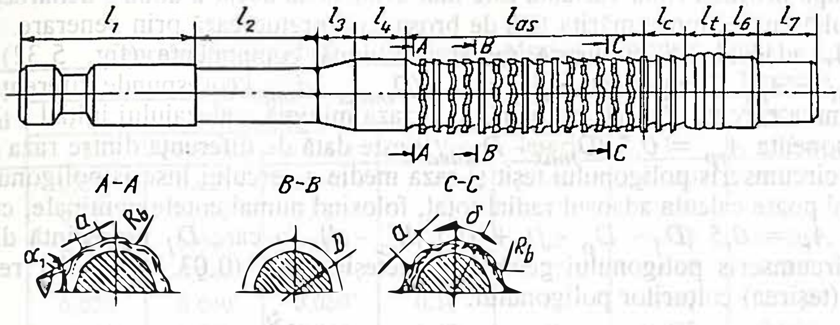


Fig. 5.30

Forţa principală de aşchiere F_z se calculează prin analogie cu cazul broşării canelurilor: $F_z = C_p a_z^x b\, i\, z_{sim}\, k_\gamma$, în care C_p şi x rezultă din tabelul 5.18, b este supraînălţarea laterală pe un vârf (pe o canelură); i - numărul de caneluri (vârfuri); a_z - supraînălţarea radială pe grupă; k - coeficient de corecţie (vezi 5.3.8.); z_{sim} - numărul de dinţi maxim simultan în aşchiere.

În figura 5.30 este reprezentată o broşă progresivă cilindrică cu dinţii de degroşare polilobaţi. Dinţii de finisare aşchiază prin schema după profil şi au canale de fragmentare a aşchiilor. Coada broşei este sudată. Broşa are şi o parte de tasare de lungime l_t.

5.4.2. Broşarea alezajelor poligonale

Se referă la broşarea alezajelor cu profilul un poligon regulat (pătrat, hexagon) sau un poligon neregulat (dreptunghi).

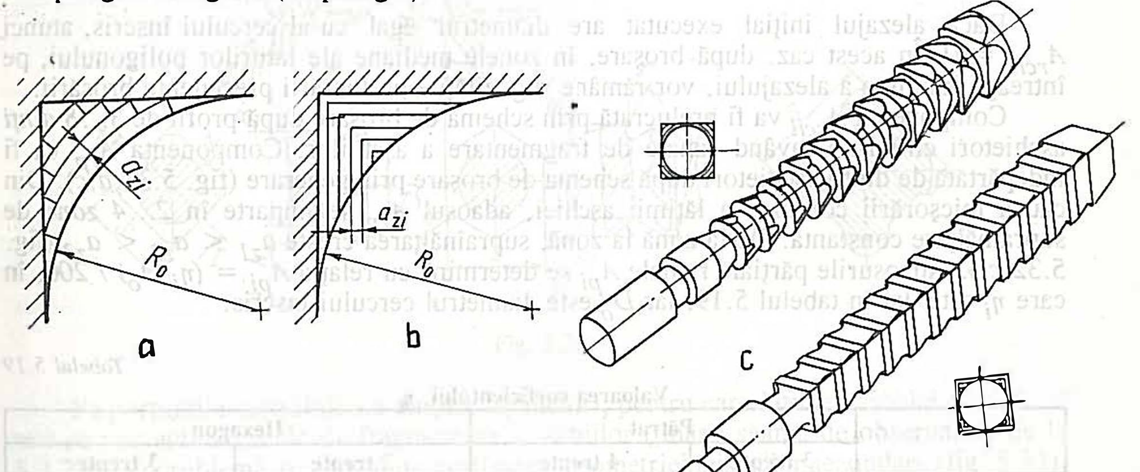


Fig. 5.31

a. *Broşarea alezajelor poligonale regulate*. Alezajele cu profilul pătrat sau hexagonal se broşează după schemele de broşare prin generare (fig. 5.31,*a*) şi după profil (fig.

5.31,*c*). Pentru o gaură pătrată, într-un desen în perspectivă în figura 5.31,*b* este reprezentată o broşă care prelucrează prin generare, iar în figura 5.31,*d* o broşă care aşchiaza după profil. Prima variantă este mai avantajoaa decât a doua , deoarece corpul broşei rezultă cu secţiunea mărita faţă de broşa care prelucrează prin generare.

În general, adaosul de prelucare radial are două componente (fig. 5.32): $A_r = A_{rcil} + A_{rp}$. Componenta $A_{rcil} = 0,5\ (D_{omax} - d_{min})$ corespunde diferenţei dintre raza maximă a cercului înscris poligonului şi raza minimă a alezajului iniţial.

Componenta $A_{rp} = 0,5\ (D_{max} - D_{0med})$ este dată de diferenţa dintre raza maximă a cercului circumscris poligonului teşit şi raza medie a cercului înscris poligonului.

Se mai poate calcula adaosul radial total, folosind numai cotele nominale, cu relaţia $A_r = 0,5\ (D_1 - D_o - j) + 0,5\ (D_o - d)$, în care D_1 reprezintă diametrul cercului circumscris poligonului geometric (neteşit); $j = (0,03...0,05)\ D_1$ reprezintă rotunjirea (teşirea) colţurilor poligonului.

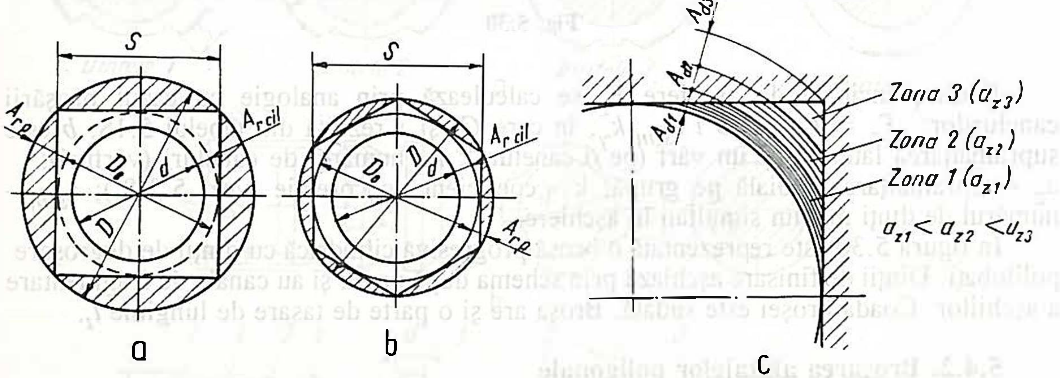


Fig. 5.32

Dacă alezajul iniţial executat are diametrul egal cu al cercului înscris, atunci $A_{rcil} = 0$. În acest caz, după broşare, în zonele mediane ale laturilor poligonului, pe întreaga lungime a alezajului, vor rămâne rugozităţile prelucrării precedente broşării.

Componenta A_{rcil} va fi prelucrată prin schema de broşare după profil de *3...8 dinţi* aşchietori cilindrici, având canale de fragmentare a aşchiilor. Componenta A_{rp} va fi îndepărtată de dinţii aşchietori după schema de broşare prin generare (fig. 5.31,*a,c*). Din cauza micşorării continue a lăţimii aşchiei, adaosul A_{rp} se împarte în *2...4 zone* de supraînălţare constantă. De la zonă la zonă, supraînălţarea creşte $a_{z1} < a_{z2} < a_{z3}$ (fig. 5.32,*c*). Adaosurile parţiale radiale A_{pi} se determină cu relaţia $A_{pi} = (\eta_i D_o) / 200$, în care η_i este dat în tabelul 5.19, iar D_o este diametrul cercului înscris.

Tabelul 5.19

Valoarea coeficientului η_i

	Pătrat		Hexagon	
	3 trepte	4 trepte	2 trepte	3 trepte
A_{d1}	5,7	4,5	3,5	2,5
A_{d2}	9,3	6	11,7	3,7
A_{d3}	22,5	9,5	-	9
A_{d4}	-	17,5	-	-

Valorile calculate pentru adaosurile A_{pi} trebuie ajustate astfel ca suma lor sa fie A_{rp}. Supraînălţarea radială a_{zi} pe fiecare zonă rezultă din tabelul 5.20.

Tabelul 5.20

Supraînălţarea radială a_z la broşarea găurilor poligonale, [mm]

Raza cercului înscris	Pătrat Treapta I	a II-a	a III-a	a IV-a	Raza cercului înscris	Hexagon Treapta I	a II-a	a III-a
9	0,015	0,025	0,040	-	14	0,030	0,050	-
12	0,015	0,030	0,050	-	17	0,030	0,050	-
14	0,020	0,040	0,060	-	22	0,030	0,050	0,080
17	0,020	0,040	0,060	0,10	27	0,030	0,060	0,090
19	0,020	0,040	0,060	0,10	32	0,030	0,070	0,100
22	0,025	0,040	0,060	0,12	36	0,035	0,080	0,125
24	0,025	0,040	0,060	0,12	41	0,035	0,090	0,150
27	0,030	0,050	0,080	0,15	46	0,035	0,100	0,150
30	0,030	0,060	0,090	0,15	50	0,040	0,100	0,150
32	0,030	0,060	0,090	0,15	55	0,040	0,100	0,150

Numărul de dinţi aşchietori pe fiecare zonă va fi $z_{ai} = A_{pi} / a_{zi}$.
La prima grupă se mai adaugă un dinte dacă primul dinte din grupă nu are supraînălţare, iar la ultima grupă unii autori recomandă să se mai adauge 2...4 dinţi neaşchietori (fară supraînălţare) în afara celor de calibrare (vezi 5.3.2.c).

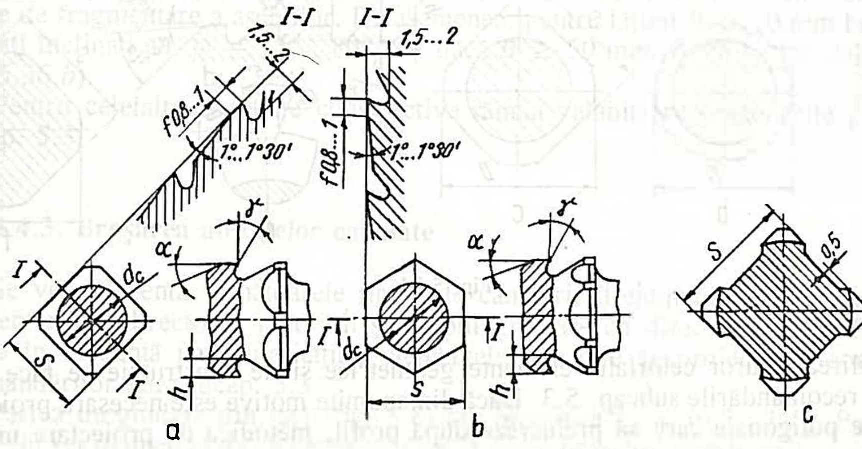


Fig. 5.33

Pe porţiunile curbilinii ale dinţilor aşchietori, pentru care lăţimea aşchiei $b > 6...8$ *mm* se vor aplica canale de fragmentare a aşchiilor (ţinând seama de observaţiile de la 5.3.2,e). O problemă o constituie realizarea geometriei tăişurilor secundare (fig. 5.33). Pe porţiunile rectilinii ale muchiei secundare se prevede o faţeta pe faţa de aşezare $f = 0,8...1$ mm fară unghi de aşezare, după care spatele dintelui are un unghi de aşezare de 1°...1°30'. Adâncimea dintelui din aceasta zonă poate fi $h_1 = 1,5...2$ mm şi, dacă din motive de rezistenţă este prea mare, poate scădea pâna la 0,5 mm. Unghiul de degajare pe tăişurile secundare este de 3°...5°. Partea de ghidare din faţă are profilul

corespunzător alezajului inițial executat în piesă. În cazul în care alezajul inițial este cilindric, partea de ghidare din față se proiectează la fel ca în cazul broșelor cilindrice. Dacă alezajul inițial este poligonal și partea de ghidare va fi poligonală, cu colțurile teșite, având dimensiunile calculate la abaterea minimă a dimensiunilor alezajului inițial și toleranțe corespunzător recomandărilor din tabelul 5.10. Dacă broșarea se execută cu un set de broșe, în afară de prima broșă, broșele din set vor avea dimensiunile transversale ale părții de ghidare din față corespunzătoare ultimului dinte al broșei precedente calculată la abaterea minimă și toleranțe conform tabelului 5.10. Lungimea l_4 a părții de ghidare din față se determină ca la alezajele cilindrice $l_4 = (0,7...1)l_p$.

În figura 5.34 este reprezentată o broșă combinată pentru prelucrarea unui alezaj poligonal, după schema de broșare prin generare: partea de așchiere are dinți cilindrici și dinți profilați. Partea de ghidare din spate are secțiunea pătrată.

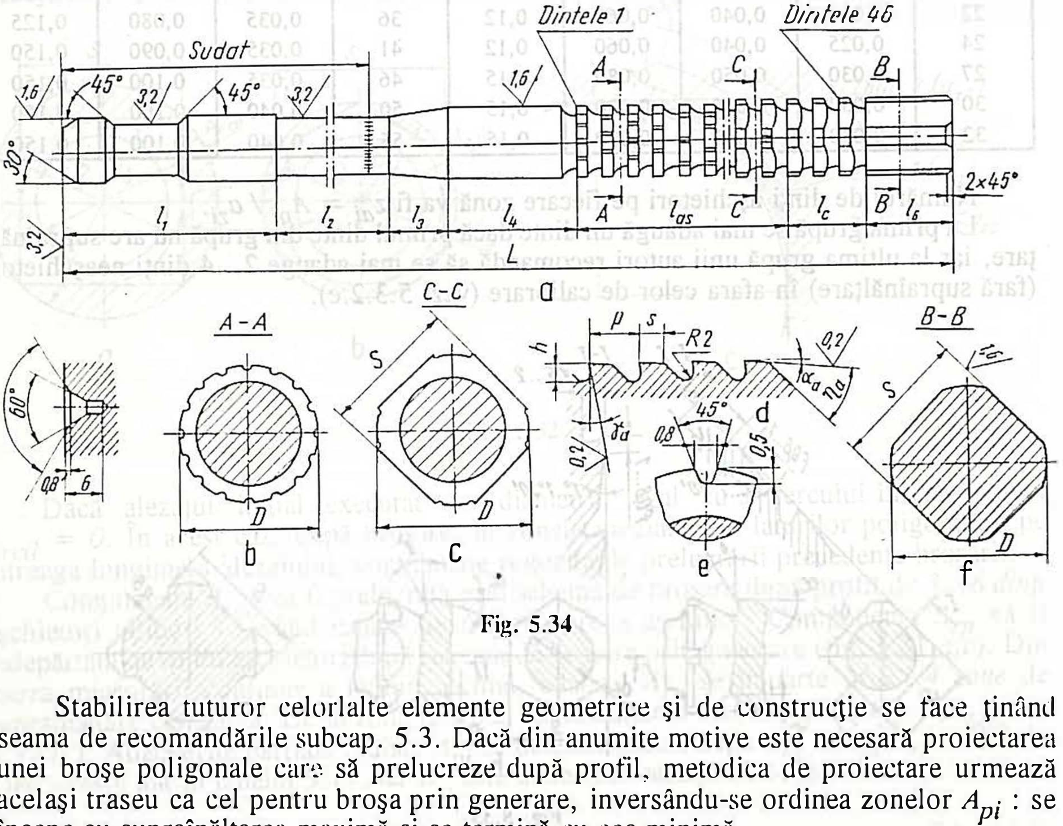


Fig. 5.34

Stabilirea tuturor celorlalte elemente geometrice și de construcție se face ținând seama de recomandările subcap. 5.3. Dacă din anumite motive este necesară proiectarea unei broșe poligonale care să prelucreze după profil, metodica de proiectare urmează același traseu ca cel pentru broșa prin generare, inversându-se ordinea zonelor A_{pi} : se începe cu supraînălțarea maximă și se termină cu cea minimă.

b. *Broșarea alezajelor dreptunghiulare*. Prelucrarea prin broșare a găurilor dreptunghiulare se face după schemele arătate în figura 5.35. În cazul în care alezajul inițial este cilindric prelucrat prin burghiere, alezare sau broșare, schema de broșare este cea din figura 5.35,*a*. Pentru această schemă de broșare dinții așchietori rezultă circulari, teșiti (fig. 5.36,*a*). La cota de teșire *H*, tăișul secundar este format din fațeta f = 0,8...1 mm, fară unghi de așezare, urmat de o față de așezare cu α = 1°...1°30'. Pe direcția cotei *B* apare un tăiș secundar sub forma fațetei f' = 1 ... 1,2 mm, urmată de o porțiune cu unghi de atac secundar de 1 ... 2°. În cazul în care alezajul inițial a fost prelucrat prin broșare, cu o broșă pătrată, schema de broșare a găurii dreptunghiulare corespunde celei

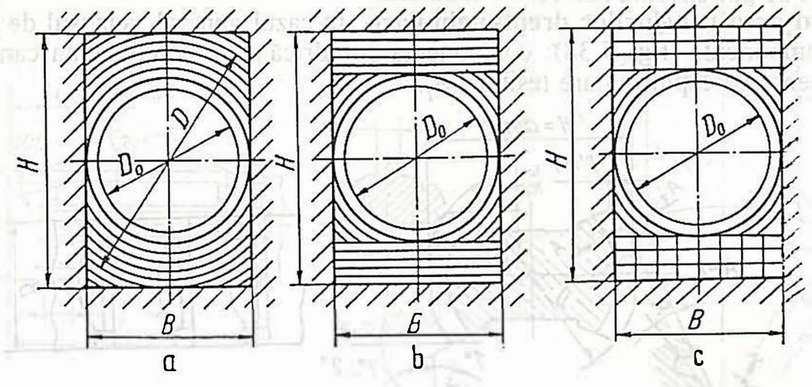


Fig. 5.35

din figura 5.35, *b*. Dinţii broşei dreptunghiulare vor fi dispuşi bilateral (fig. 5.36, *b*), cu colţurile teşite 0,3 ... 0,5 x 45° cu un tăiş secundar *f'*= 1 ... 1,2 mm (fără unghi de atac) urmat de o muchie secundară cu unghi de atac de 1...2°.

În cazul în care alezajul iniţial a fost prelucrat cu o broşă pătrată, dar adaosul de prelucrare rămas este relativ mare, se recomandă broşarea progresivă după schema din figura 5.35,*c*, iar dinţii broşei rezultă ca în figura 5.36,*c*. Din motive de execuţie şi ascuţire, dinţii aşchietori progresivi se pot executa întrerupţi pe porţiunile pe care ei nu aşchiază (pentru lăţimi mai mari de 16...18 mm).

În toate cazurile, dacă lăţimile dinţilor rezultă mari (b > 6...8 mm) se pot aplica canale de fragmentare a aşchiilor. De asemenea, pentru lăţimi $B \geq 10$ mm broşa se face cu dinţi înclinaţi cu $\omega = 75°...80°$, iar dacă $B \geq 50$ mm, dinţii se fac dublu înclinaţi (fig. 5.36,*b*).

Pentru celelalte elemente constructive rămân valabile recomandările generale din subcap. 5.3.

5.4.3. Broşarea alezajelor canelate

Se vor prezenta următoarele tipuri de caneluri: dreptunghiulare, triunghiulare şi evolventice cu directoare rectilinii şi dreptunghiulare cu directoare elicoidale. Vor fi scoase în evidentă particularităţile, elementele generale se proiectează corespunzător recomandărilor din subcap. 5.3.

Partea de ghidare din faţă (fig. 5.8) are lungimea $l_4 = (0,7...1)l_p$. Pentru prima broşă din set diametrul d_4 se calculează ca în cazul broşelor cilindrice.

Pentru următoarele broşe din set forma şi dimensiunile secţiunii transversale a părţii de ghidare din faţă corespund aceloraşi elemente ale ultimului dinte al broşei precedente (fig. 5.37).

$$D_e = D_{ud} - (0,1...0,3)\ ;\ d_i = d_{ic}\ ;\ b = b_{omin}$$

tolerate corespunzator tab. 5.10, în care D_{ud} reprezintă diametrul ultimului dinte al broşei precedente, d_{ic} - diametrul interior al butucului canelat, b_{omin} -lăţimea canelurii la abaterea minimă.

Celelalte cote se aleg: l'= 8...10 mm, $l''= b$, $l_4 = (0,7...1)l_p$. Canelurile vor avea muchiile teşite 0,5 x 45°.

Se mai poate face observaţia generală că broşele canelate pentru diametre mai mari

de *100 mm* se pot executa sub forma tubulară.

a. **Broşarea canelurilor dreptunghiulare**. În cazul general, adaosul de prelucrare are trei componente (fig. 5.38): componenta cilindrică A_{cil}, componenta canelată A_{can} şi componenta corespunzătoare teşiturii A_t.

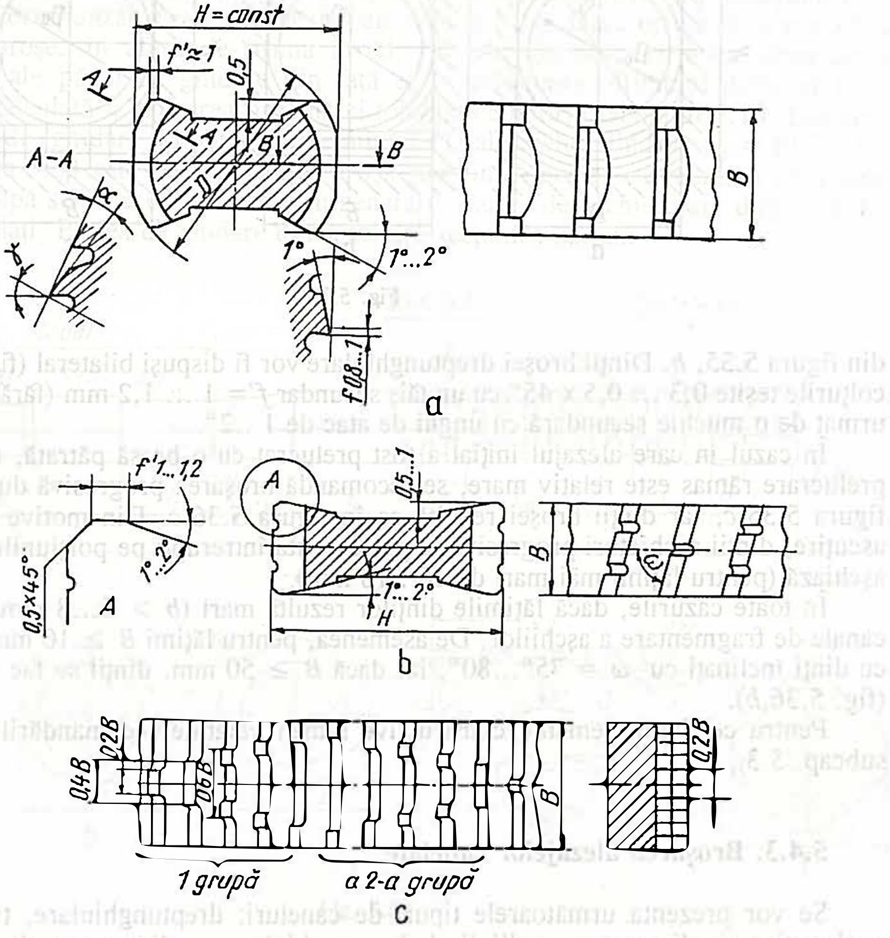


Fig. 5.36

a1) *Adaosul de prelucrare cilindric* A_{cil} are mărimea $A_{cil} = 0{,}5\ (D_{imax} - D_{omin})$, în care D_{imax} este diametrul interior al canelurii calculat la abaterea maximă şi D_{omin} diametrul alezajului iniţial calculat la abaterea minimă. Acest adaos va fi îndepărtat de z_{cil} dinţi de degroşare după schema de broşare după profil cu supraînălţarea radială a_{zc}

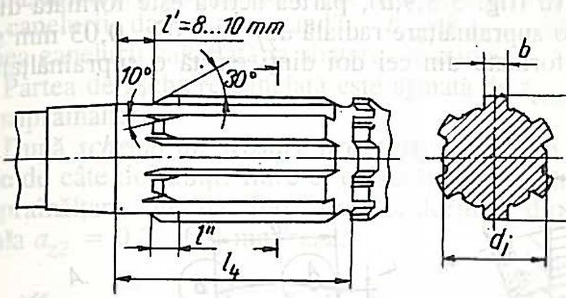


Fig. 5.37

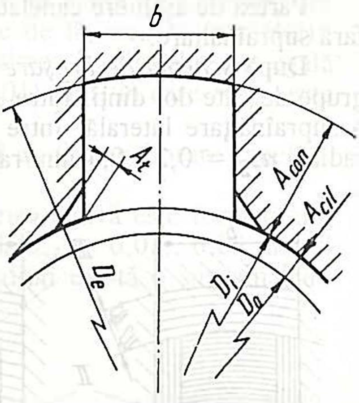


Fig. 5.38

corespunzătoare prelucrării alezajelor cilindrice dată în tab. 5.12. Numărul de dinţi cilindrici va fi $z_{cil} = (A_{cil} / a_{zc}) + 1$ sau $z_{cil} = A_{cil} / a_{zc})$, corespunzător cazurilor dacă primul dinte nu are, respectiv are supraînălţare (vezi 5.3.2,c). Dinţii, dacă este cazul, vor avea canale de fragmentare a aşchiilor.

Pentru o prelucrare de calitate, după aceşti dinţi aşchietori, poate sa urmeze o parte de calibrare cilindrica formata din z_{cc} = 4...8 dinţi de calibrare a cercului interior al canelurii.

Dacă se cere o precizie deosebită la diametrul cercului interior al canelurii (în medie de ordinul 0,01 mm), datorită micsorării cercului interior după broşarea canelurilor, se recomandă următoarea soluţie constructivă : dinţii de calibrare z_{cc} se împart în două grupe. O primă grupă, formată din 3...4 dinţi va urma după dinţii de degroşare cilindrici, având diametrul cu 0,02 mm sub diametrul D_i al canelurii. Grupa a două a dinţilor cilindrici de calibrare, formată din 4...5 dinţi, va urma după dinţii de canelare. Adaosul de 0,02 mm pe diametre va fi împărţit pe primii doi dinţi din cea de a două grupă, ceilalţi rămânând fară supraînălţare.

a2) *Adaosul de prelucrare canelat* A_{can} se determină ca $A_{can}=0,5(D_{emax}-D_{omin})$, în care diametrele corespund cercurilor extreme ale canelurii calculate la abaterea maximă, respectiv minimă.

Pentru broşarea canelurii se recomandă schemele de broşare din figura 5.39: primele trei corespund schemei prin generare şi ultima schemei progresive. Pentru broşare prin generare (fig. 5.39, *a,b,c*), dintre care cea mai folosită este varianta *c*, supraînălţarea pe dinte a_{zcan} se alege din tabelul 5.12. Numărul de dinţi aşchietori canelaţi va fi $z_{can} = A_{can} / a_{zcan}$.

Forma dintelui rezultă din figura 5.40: apare un tăiş secundar realizat de faţeta f = 0,8...1 mm, fară unghi de aşezare şi de atac, urmată de un tăiş secundar cu $\varkappa_1$ = 0°30'...1° (pentru prelucrarea oţelurilor plastice). Primii dinţi de canelare, a căror înălţime este sub 1,5 mm, nu au unghi de atac secundar. Muchia principală se racordează cu cea secundară, fie printr-o teşitură 0,2...0,3 x 45°, fie printr-o rază r = 0,2...0,3 mm. Ultimul dinte aşchietor canelat, ca şi dinţii de calibrare canelaţi, are profilul neracordat şi identic cu cel al canelurii. În funcţie de lăţimea b a canelurii, dinţii aşchietori pot avea canale de fragmentare a aşchiei. Lătimea b a dintelui este egală cu a canelurii, dar se recomandă $b = b_{omax}$ - (0,007...0,01) mm, în care b_{omax} este lăţimea canelurii calculată la abaterea maximă.

Partea de aşchiere canelată este urmată de z_{ccan} = 4...8 dinţi de calibrare canelaţi, fără supraînălţare.

După *schema de broşare progresivă* (fig. 5.3.9,*d*), partea activă este formată din grupe de câte doi dinţi. Între ei există o supraînălţare radială a_{z1} = 0,02...0,03 mm şi o supraînălţare laterală. Între grupele formate din cei doi dinţi există o supraînălţare radiala a_{z2} = 0,2...0,4 mm/rază.

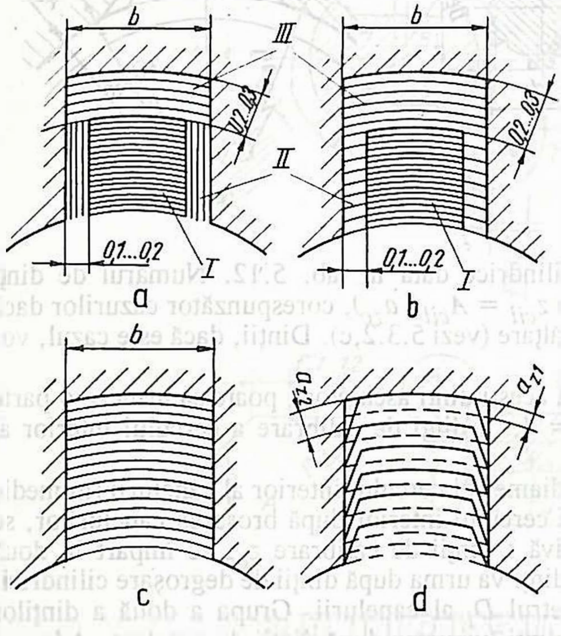


Fig. 5.39

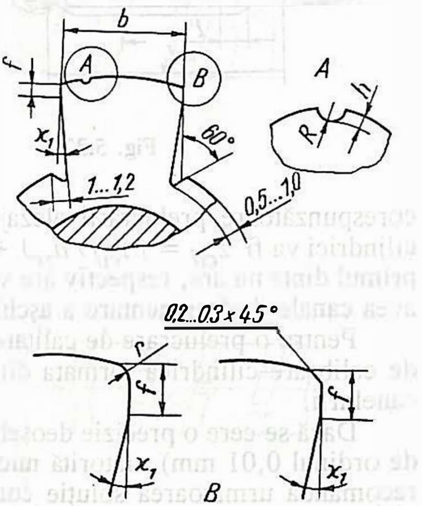


Fig. 5.40

Primul dinte din grupă (fig. 5.41) execută un canal teşit la colţuri cu lăţimea $b_1 < b$, iar al doilea dinte canelat cu diametrul mai mic decât primul cu $2a_{z1}$ aşchiază colţurile rămase. Primul dinte are pe cele trei muchii unghiuri α = 1°...2°. Numărul de dinţi canelaţi care aşchiaza după schema progresivă va fi $z_{can} = 2\,(A_{can}\,/\,a_{z2})$.

După ultima grupă de dinţi progresivi se mai prevede o parte de finisare de 2...3 dinţi canelaţi care vor curăţa canelura.

După dinţii aşchietori progresivi urmează cei z_{ccan} = 4...8 dinţi de calibrare canelaţi, fară supraînălţare.

Construcţia dintelui din figura 5.41,*b* este recomandată pentru D_e > 40 mm. La varianta din figura 5.41,*c*, muchiile laterale ale dintelui supraînălţat sunt curbilinii de rază *R*. În ambele situaţii trebuie realizate unghiurile de aşezare laterale. În cazul canelurilor cu *b* > 15 ... 18 mm, numai dintele supraînălţat are muchia întreruptă pe o lungime *g* = 8...10 mm (fig. 5.41,*d*), care are şi rolul canalelor de fragmentare a aşchiilor. Al doilea dinte din grupă are faţete laterale *f* = 0,6...0,8 mm, după care muchia este orientată sub unghiul de atac secundar (fig. 5.41,*e*).

a3) *Componenta* A_t (fig. 5.38) corespunde teşiturii de dimensiuni f_1 şi *c* a canelurii, şi este eliminată de câţiva dinţi de teşire, profilaţi sub unghiul β (fig. 5.24). Se recomandă valorile: β = 30° pentru *n* = 6 caneluri; β = 45° pentru *n* = 8 sau 16 caneluri;

0,2...0,3 mm. Ultimul dinte aşchietor canelat, ca şi dinţii de calibrare canelaţi, are profilul neracordat şi identic cu cel al canelurii. În funcţie de lăţimea b a canelurii, dinţii aşchietori pot avea canale de fragmentare a aşchiei. Lătimea b a dintelui este egală cu a canelurii, dar se recomandă $b = b_{omax}$ - (0,007...0,01) mm, în care b_{omax} este lăţimea canelurii calculată la abaterea maximă.

Partea de aşchiere canelată este urmată de z_{ccan} = 4...8 dinţi de calibrare canelaţi, fară supraînălţare.

După *schema de broşare progresivă* (fig. 5.3.9,*d*), partea activă este formată din grupe de câte doi dinţi. Între ei există o supraînălţare radială a_{z1} = 0,02...0,03 mm şi o supraînălţare laterală. Între grupele formate din cei doi dinţi există o supraînălţare radiala a_{z2} = 0,2...0,4 mm/rază.

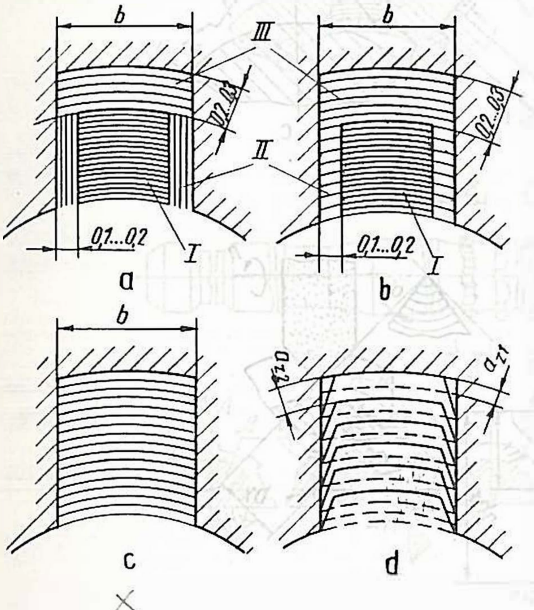


Fig. 5.39

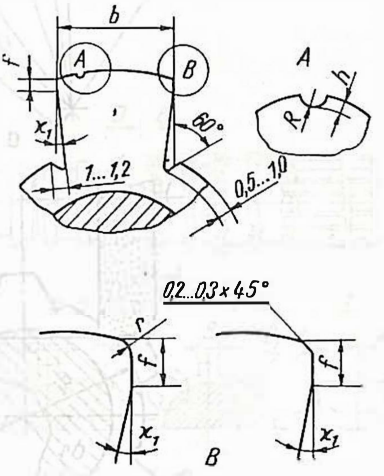


Fig. 5.40

Primul dinte din grupă (fig. 5.41) execută un canal teşit la colţuri cu lăţimea $b_1 < b$, iar al doilea dinte canelat cu diametrul mai mic decât primul cu $2a_{z1}$ aşchiază colţurile rămase. Primul dinte are pe cele trei muchii unghiuri α = 1°...2°. Numărul de dinţi canelaţi care aşchiaza după schema progresivă va fi $z_{can} = 2\ (A_{can} / a_{z2})$.

După ultima grupă de dinţi progresivi se mai prevede o parte de finisare de 2...3 dinţi canelaţi care vor curăţa canelura.

După dinţii aşchietori progresivi urmează cei z_{ccan} = 4...8 dinţi de calibrare canelaţi, fară supraînălţare.

Construcţia dintelui din figura 5.41,*b* este recomandată pentru D_e > 40 mm. La varianta din figura 5.41,*c*, muchiile laterale ale dintelui supraînălţat sunt curbilinii de rază R. În ambele situaţii trebuie realizate unghiurile de aşezare laterale. În cazul canelurilor cu b > 15 ... 18 mm, numai dintele supraînălţat are muchia întreruptă pe o lungime g = 8...10 mm (fig. 5.41,*d*), care are şi rolul canalelor de fragmentare a

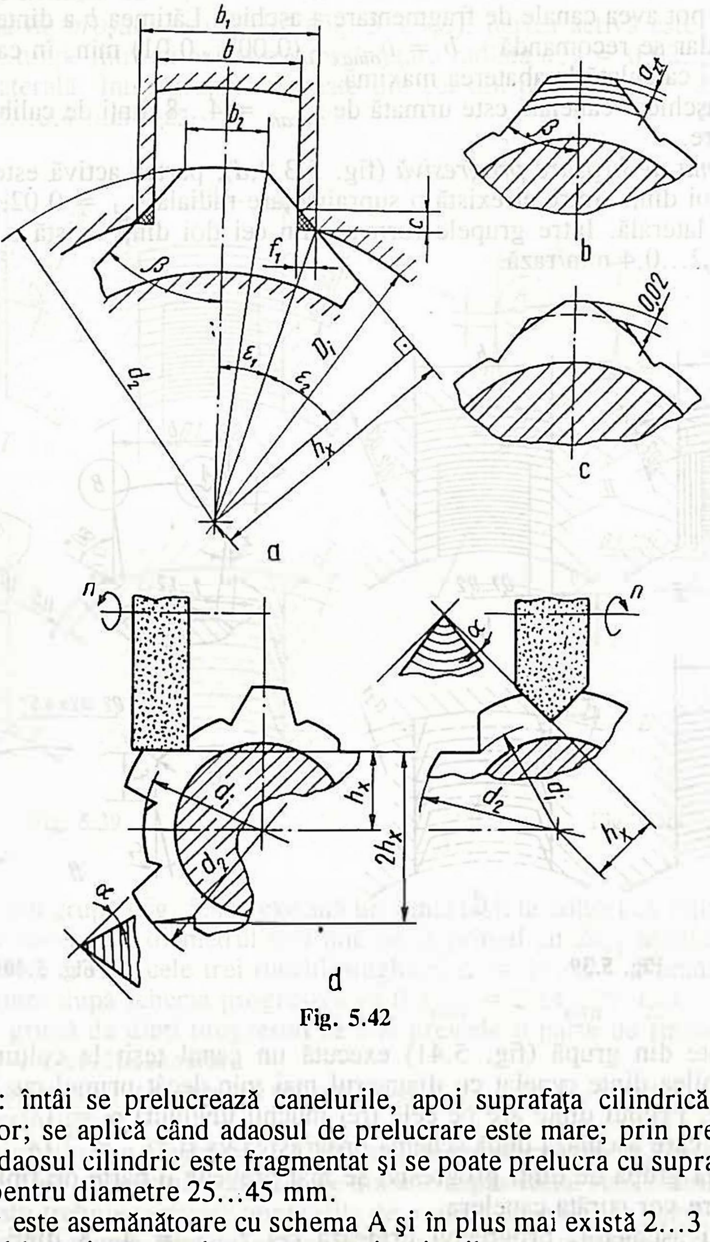


Fig. 5.42

Schema B: întâi se prelucrează canelurile, apoi suprafaţa cilindrică, teşiturile se ajustează ulterior; se aplică când adaosul de prelucrare este mare; prin prelucrarea întâi a canelurilor, adaosul cilindric este fragmentat şi se poate prelucra cu supraînălţari mari; se recomandă pentru diametre 25...45 mm.

Schema C: este asemănătoare cu schema A şi în plus mai există 2...3 dinţi de teşire aflaţi la sfârşitul broşei care prelucrează numai teşiturile.

Schema D: se prelucrează întâi cu dinţii de teşire cu supraînălţare radială facându-se o fragmentare a adaosului de prelucrare; urmează prelucrarea canelurilor şi apoi a suprafeţei cilindrice; are avantajul că se creează condiţii bune de aşchiere pentru dinţii canelaţi si cilindrici; se recomandă pentru diametre cuprinse în domeniul 25....45 mm.

Schema E: se începe cu dinţii de teşire, urmează prelucrarea suprafeţei cilindrice şi apoi a canelurilor; are avantajul schemei precedente şi în plus se asigură o suprafaţă

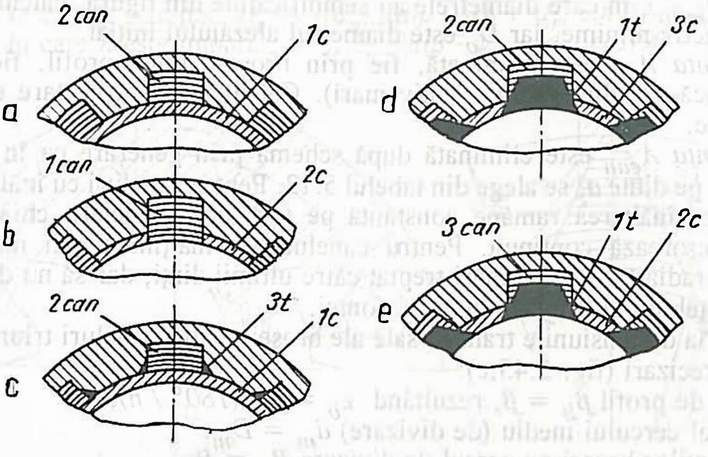


Fig. 5.43

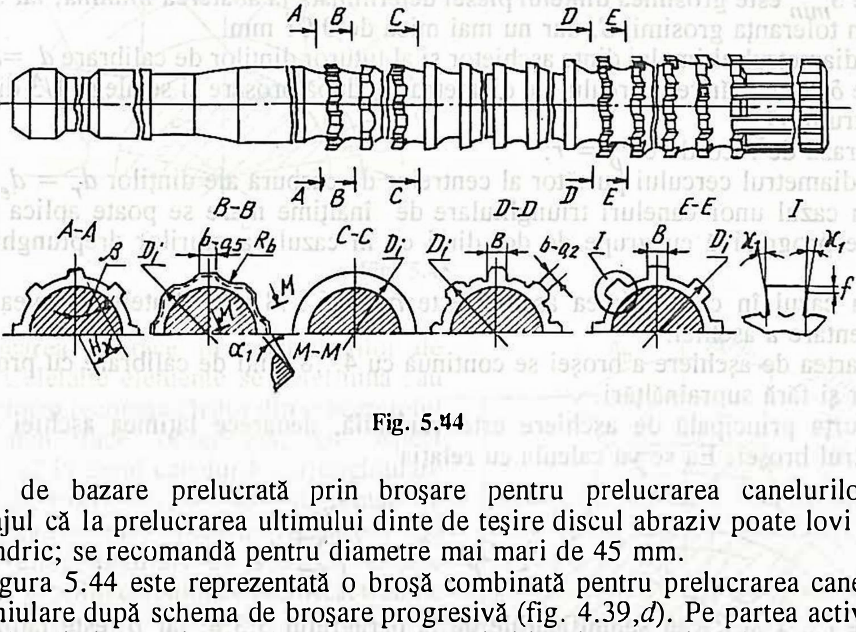


Fig. 5.44

cilindrică de bazare prelucrată prin broşare pentru prelucrarea canelurilor; are dezavantajul că la prelucrarea ultimului dinte de teşire discul abraziv poate lovi primul dinte cilindric; se recomandă pentru diametre mai mari de 45 mm.

În figura 5.44 este reprezentată o broşă combinată pentru prelucrarea canelurilor dreptunghiulare după schema de broşare progresivă (fig. 4.39,*d*). Pe partea activă apar următoarele: dinţi de teşire; prelucrarea suprafeţei cilindrice tot prin schema progresivă cu grupe formate din câte doi dinţi; dinţi cilindrici de calibrare; prelucrarea canelurilor prin schema progresivă în grupe de câte doi dinţi (ca în fig. 5.41).

La proiectarea acestei broşe s-a folosit schema de ordine E (fig. 5.43).

b. **Broşarea canelurilor triunghiulare.** Alezajele canelate triunghiular (fig. 5.45) sunt caracterizate prin: unghiul de profil β, diametrul mediu D_m, diametru exterior D_e, diametrul interior D_i, pasul circular pe cercul mediu P, grosimea plinului pe cercul mediu S, raza de racordare r de la vârful canelurii si numărul de caneluri n.

Adaosul de prelucrare (fig. 5.45,*b*), în cazul general, are o componentă cilindrică

$A_{cil} = 0,5\ (D_{imax} - D_{omin})$ si o componentă corespunzătoare golului canelurii $A_{can} = 0,5(D_{emax} - D_{imin})$, în care diametrele au semnificatiile din figură, calculate la abaterile maxime, respectiv minime, iar D_o este diametrul alezajului inițial.

Componenta A_{cil} este eliminată, fie prin broşare după profil, fie prin broşare progresivă (dacă are dimensiuni relativ mari). Calculele de proiectare corespund unei broşe cilindrice.

Componenta A_{can} este eliminată după schema prin generare ca în figura 5.45,*b*. Supraînălţarea pe dinte a_z se alege din tabelul 5.12. Pentru caneluri cu înălţimea mai mică de 3 mm, supraînălţarea ramâne constantă pe toţi dinţii canelaţi, chiar dacă lăţimea aşchiei se micşorează continuu. Pentru caneluri cu înălţimea mai mare de 3 mm, supraînălţarea radială se poate mări treptat către ultimii dinţi, dar să nu depăseasca 0,08 mm în cazul oţelului si 0,1 mm în cazul fontei.

Referitor la dimensiunile transversale ale broşei pentru caneluri triunghiulare se fac următoarele precizari (fig. 5.45,*c*):

- unghiul de profil $\beta_b = \beta$, rezultând $\varepsilon_b = \beta - (180° / n)$;
- diametrul cercului mediu (de divizare) $d_m = D_m$;
- pasul dinţilor broşei pe cercul de divizare $P_b = P$;
- grosimea dinţilor broşei pe cercul de divizare S_b se determină $S_b = P - S_{min} - \delta_s$, în care S_{min} este grosimea dintelui piesei determinată la abaterea minimă, iar δ_s se alege 1/3 din toleranța grosimii S, dar nu mai mică de 0,01 mm.
- diametrul ultimului dinte aşchietor şi al tuturor dinţilor de calibrare $d_e = d_c = D_e - \delta_e$, în care δ_e este mărirea cercului de diametru D_e după broşare şi se alege 1/3 din toleranța diametrului D_e;
- raza de racordare $r_p = r$;
- diametrul cercului purtător al centrelor de curbură ale dinţilor $d_r = d_e - 2r$.

În cazul unor caneluri triunghiulare de înălţime mare se poate aplica schema de broşare progresivă cu grupe de doi dinţi ca în cazul canelurilor dreptunghiulare (fig. 5.41).

În cazul în care lăţimea aşchiei este $b > 6 \ldots 8$ mm dintele va avea canale de fragmentare a aşchiei.

Partea de aşchiere a broşei se continuă cu 4...8 dinţi de calibrare cu profilul triunghiular şi fără supraînălţări.

Forţa principală de aşchiere este vaŕiabilă, deoarece lăţimea aşchiei variază cu diametrul broşei. Ea se va calcula cu relaţia

$$F_z = C_p\, a^*{}_z\, n\, k_\gamma \sum_{1}^{Zsim} b_i$$

în care c_p, x si k_γ au semnificaţiile de la paragraful 5.3.8, iar b_i este lăţimea aşchiei ridicată de dintele i dintre cei z_{sim} dinţi aflaţi simultan în aşchiere $(z_{sim} = (lp/p) + 1)$.

Lăţimea aşchiei b_x pentru un cerc oarecare de diametru d_x se determină cu relaţia (fig. 5.36)

$b_x = (d_x/180°)((180°/n) - \psi°_x)$,

în care $\psi_x = \beta - \nu_x, \nu_x = \arcsin[(d_m/d_x)\sin(\beta - \psi)]$, $\psi° = 57,29578[(P - S_{bmax})/d_m]$.

Se calculează pentru fiecare dinte aflat în aşchiere lăţimea b_i şi se determină forţa de aşchiere F_z. Forţa de aşchiere trebuie calculată şi pentru cazul aşchierii cu dinţi circulari. Valoarea cea mai mare va servi pentru verificarea de rezistenţă a broşei.

Verificarea broşei se face folosind role de control (fig. 5.46). Diametrul rolei se calculează cu relaţia $d_r = (d_m \sin\psi) / \cos\beta$, iar distanţa peste role D_e se determină cu

relaţiile:

- în cazul în care n este par $D_r = \{[d_m \sin(\beta - \psi) + d_r]/\sin\beta\} + d_r$,
- în cazul în care n este impar $D_r = \{[d_m \sin(\beta - \psi) + d_r] \cos(90 / n)/\sin\beta\} + d_r$.

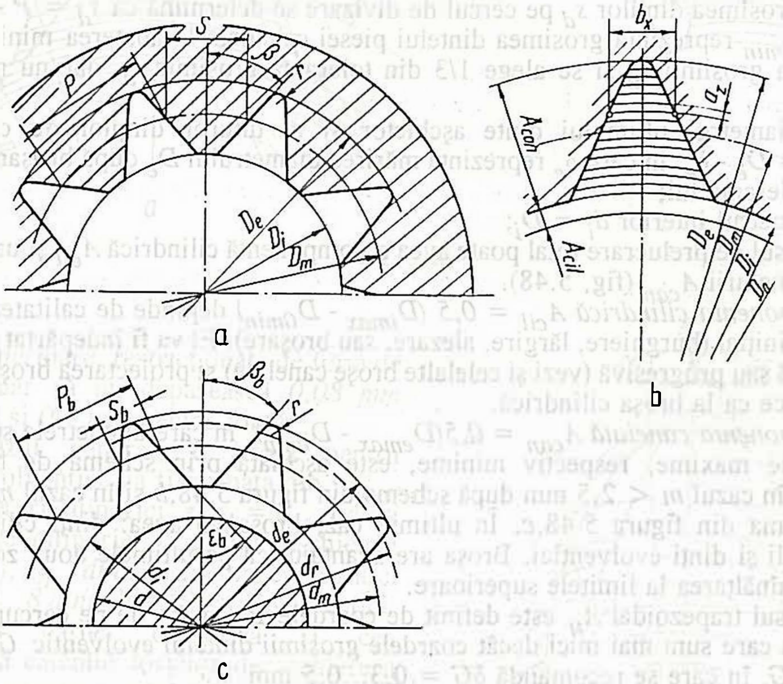


Fig. 5.45

Verificarea se face în zona dinţilor de calibrare. Celelalte elemente se determină sau se aleg conform recomandărilor din subcapitolul 5.3. Se mai face observaţia, cu aspect tehnologic, că în cazul canelurilor triunghiulare un unghi de profil $\beta > 45°$ şi număr de caneluri relativ mic, pentru realizarea pe flancuri a unor unghiuri de aşezare leterale acceptabile, profilul discului de rectificat trebuie corectat.

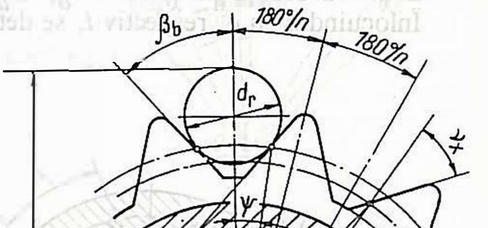


Fig. 5.46

c. **Broşarea canelurilor evolventice**. Alezajele canelate evolventic sunt caracterizate prin următoarele elemente (fig. 5.47,a): modulul m, unghiul de angrenare α_o^*, diametrul cercului de divizare D_d, diametrul cercului exterior D_e, diametrul cercului interior D_i, pasul pe cercul de divizare P, grosimea dintelui pe cercul de divizare S_d si numărul de caneluri n.

Pentru proiectarea broşelor de caneluri evolventice se recomandă următoarele (fig. 5.47,*b*) :

- diametrul cercului de divizare al broşei $d_d = D_d$;
- modulul şi unghiul de angrenare rămân aceleaşi;
- pasul dinţilor pe cercul de divizare al broşelor $P_b = P$;
- grosimea dinţilor s_d pe cercul de divizare se determină ca $s_d = P - S_{dmin} - \delta_S$, în care S_{dmin} reprezintă grosimea dintelui piesei calculată la abaterea minimă, iar δ_S - micşorarea grosimii s_d şi se alege 1/3 din toleranţa grosimii s_d, dar nu mai mică de 0,01mm;
- diametrul ultimului dinte aşchietor şi al tuturor dinţilor de calibrare $d_e = d_c = D_e - \delta_e$ în care δ_e reprezintă mărirea diametrului D_e după broşare şi se alege 1/3 din toleranţa lui;
- diametrul interior $d_i = D_i$;

Adaosul de prelucrare total poate avea o componentă cilindrică A_{cil} şi una corespunzătoare canelurii A_{can} (fig. 5.48).

Componenta cilindrică $A_{cil} = 0,5\ (D_{imax} - D_{0min})$ depinde de calitatea prelucrării alezajului iniţial (burghiere, lărgire, alezare, sau broşare). El va fi îndepărtat prin broşare după profil sau progresivă (vezi şi celelalte broşe canelate) şi proiectarea broşei pe această zonă se face ca la broşa cilindrică.

Componenta canelată $A_{can} = 0,5(D_{emax} - D_{imin})$, în care diametrele sunt calculate la abaterile maxime, respectiv minime, este aşchiată prin schema de broşare prin generare: în cazul $m < 2,5$ mm după schema din figura 5.48,*b* şi în cazul $m > 2,5$ mm după schema din figura 5.48,*c*. În ultimul caz, broşa va avea: dinţi cilindrici, dinţi trapezoidali şi dinţi evolventici. Broşa are avantajul că pe ultimele două zone se poate mări supraînălţarea la limitele superioare.

Adaosul trapezoidal A_{tr} este definit de coardele $\bar{B}_1$ şi $\bar{B}_2$ de pe cercurile D_e şi D_i (fig. 5.49) care sunt mai mici decât coardele grosimii dintelui evolventic G_e, respectiv G_e cu $2\delta G$, în care se recomandă $\delta G = 0,3...0,5$ mm.

Pe un diamteru oarecare D_x, coarda G_x se calculează folosind relaţiile:
$G_x = D_x \sin\varphi_x$; $\varphi_x = 57,29578(G_x/D_x)$; $G_x = D_x((G_d/D_d) + ev\,\alpha^*_o - ev\,\alpha^*_x)$;
$\alpha^*_x = \arccos(D_d/D_x) \cos\alpha^*_o$; $G_d = P - S_d$.
Înlocuind x cu e, respectiv i, se determină coardele $\bar{G}_e$, respectiv $\bar{G}_e$.

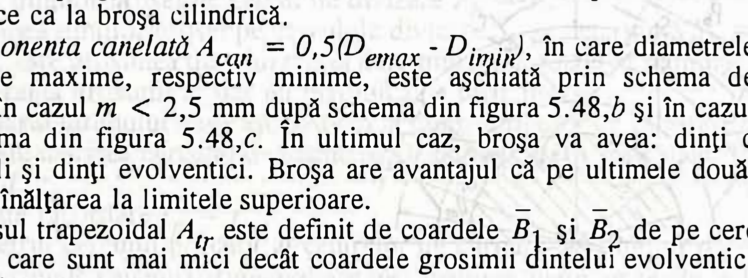
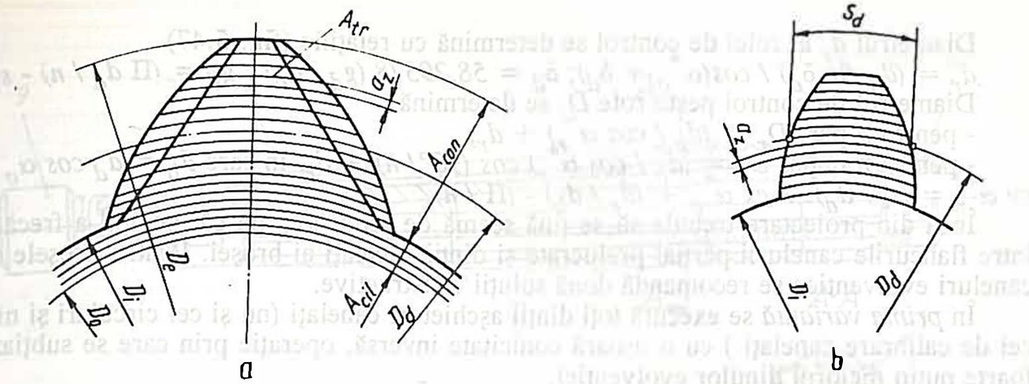


Fig. 5.47

Supraînălţarea radială pe dinţii trapezoidali sau evolventici se alege din tabelul 5.12: pentru oţel $a_z = 0,02...0,06\ mm$, pentru fontă $a_z = 0,04...0,08\ mm$, mergând spre



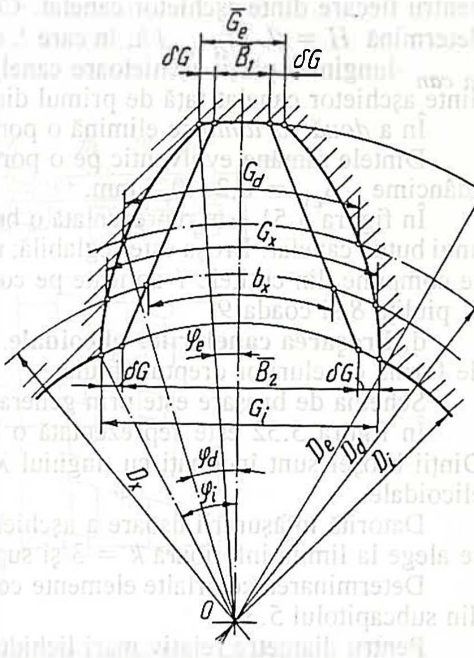


Fig. 5.49

limitele superioare, restricţionate de forţa de aşchiere, dar să nu depaşească *0,08 mm* pentru oţel si *0,1 mm* pentru fontă.

În cazul general, o broşă pentru caneluri evolventice va fi formata din : z_{acil} *dinţi* aşchietori cilindrici, $z_{ccil} = 3...6$ *dinţi* de calibrare cilindrici, z_{at} *dinţi* aşchietori trapezoidali, z_{aev} *dinţi* aşchietori evolventici şi $z_{cev} = 4...8$ *dinţi* de calibrare evolventici.

Pentru partea cilindrică şi cea trapezoidală calculul forţelor de aşchiere a fost arătat mai sus (vezi 5.3.8).

Pentru partea de aşchiere cu dinţi evolventici, în cazul în care broşa are şi dinţi trapezoidali, forţa de aşchiere pe un dinte se calculează cu relaţia

$$F_{zi} = C_p a_z^x (G_x - b_x) k_\gamma,$$

în care C_p, x şi k_γ corespund inidcaţiilor de la 5.3.8; G_x este arcul golului evolventic (fig. 5.49) şi b_x corespunde golului trapezoidal. Arcul G_x pentru un diametru oarecare D_x se obţine cu relaţia $G_x = D_x((G_d/D_d) + ev\,\alpha_{o*} - ev\,\alpha_{x*})$, unde $\alpha_x = arccos(D_d/D_x)\cos\alpha_o$.

Arcul b_x se calculează ca în cazul canelurilor triunghiulare (fig 5.46).

Forţa F_{zi} se calculează pe cei $z_{sim} = (l_p/p) + 1$ dinţi simultan aflaţi în aşchiere şi se însumează

$$F_z = \sum_{1}^{zsim} F_{zi}$$

Dacă nu există adaos trapezoidal (cum este cazul pentru $m \leq 2{,}5$ mm) atunci $b_x = 0$.

Verificarea de rezistenţă a broşei se face la forţa de aşchiere maximă.

Controlul dimensional al broşei se face cu role de control în zona dinţilor de calibrare (ca în cazul canelurilor triunghiulare, vezi fig. 5.47).

Diametrul d_r al rolei de control se determină cu relaţiile (fig. 5.47)

$d_r = (d_d \sin \delta_d) / \cos(\alpha^*_o + \delta_d)$; $\delta_d = 58{,}29578\ (g_d / d_d)$; $g_d = (\Pi\ d_d / n) - s_d$.

Diametrul de control peste role D_r se determină

- pentru n par $D_r = (d_b / \cos \alpha^*_r) + d_r$;
- pentru n impar $D_r = (d_b / \cos \alpha^*_r) \cos (90°/ n) + d_r$, în care $d_b = d_d \cos \alpha_o$ şi $ev\ \alpha^*_r = (s_d / d_d) + ex\ \alpha^*_o + (d_r / d_b) - (\Pi / n)$.

Încă din proiectare trebuie să se ţină seamă de reducerea pe cât posibil a frecării între flancurile canelurii parţial prelucrate şi dinţii canelaţi ai broşei. Pentru broşele cu caneluri evolventice se recomandă două soluţii constructive.

În *prima variantă* se execută toţi dinţii aşchietori canelaţi (nu şi cei circulari şi nici cei de calibrare canelaţi) cu o uşoară conicitate inversă, operaţie prin care se subţiaza foarte puţin piciorul dinţilor evolventici.

Operaţia se realizează la rectificarea flancurilor dinţilor aşchietori evolventici prin ridicarea vârfului păpuşii mobile a maşinii de rectificat cu $\delta_r = 0{,}0015...0{,}002\ mm$ pentru fiecare dinte aşchietor canelat. Cota H cu care se ridica vârful păpuşii mobile se determină $H = (L / l_{a\ can})\ h$, în care L este lungimea totală a broşei prinsa între vârfuri, $l_{a\ can}$ -lungimea părţii aşchietoare canelate; h - reprezintă dezaxarea radiala a ultimului dinte aşchietor canelat faţă de primul dinte aşchietor canelat.

În a *două variantă* se elimină o porţiune din evolventa flacului (fig. 5.50).

Dintele ramâne evolventic pe o porţiune $f_{ev} = 0{,}5...0{,}7\ mm$, restul se teşeşte pe o adâncime $\Delta_{ev} = 0{,}2...0{,}3$ mm.

În figura 5.51 este reprezentată o broşă cu dinţi demontabili necesară la prelucrarea unui butuc canelat. Broşa este reglabilă; reglarea se face prin deplasarea piuliţei *4* . Broşa se compune din cuţitele *1* aplicate pe corpul *2* limitatoarele *3* şi *5*, pana *6*, distanţierele *7*, piuliţa *8* şi coada *9*.

d. **Broşarea canelurilor elicoidale**. Profilul transversal al canelurilor elicoidale este de forma canelurilor dreptunghiulare.

Schema de broşare este prin generare (fig. 5.39,*c*).

În figura 5.52 este reprezentată o broşă pentru prelucrarea canelurilor elicoidale. Dinţii broşei sunt înclinaţi cu unghiul λ egal cu unghiul ω_m de înclinare a canelurilor elicoidale.

Datorită înfăşurarii uşoare a aşchiei în golul dintre dinţi, coeficientul de umplere k se alege la limita inferioară $k = 3$ şi supraînălţarea pe dinte $a = 0{,}06...0{,}07$ mm/rază.

Determinarea celorlalte elemente constructive se face corespunzător recomandărilor din subcapitolul 5.3.

Pentru diametre relativ mari lichidul de răcire se aduce prin interiorul broşei.

Dinţii broşei au pasul mărit. Pentru micşorarea pasului, deci pentru reducerea lungimii broşei, broşa se construieşte pentru prelucrarea a jumătate din numărul canelurilor si după prima trecere urmează o divizare corespunzătoare trecerii următoare.

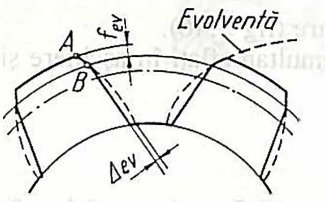


Fig. 5.50

Datorită frecărilor foarte mari, forţa de aşchiere F_z calculată se amplifică cu un coeficient care are valoarea *1,6*.

În timpul broşării, datorită elasticităţii torsionale sub acţiunea eforturilor de aşchiere, broşa se desrăsuceşte. Din aceasta cauză, înclinarea dinţilor ei se va lua cu *2'...3'* mai mare decât unghiul ω_m de înclinare a canelurilor elicoidale.

Prinderea broşei în dispozitivul de acţionare se execută printr-o îmbinare cu filet dreptunghic, cu acţionare rapidă.

Pentru generarea canelurilor elicoidale între piesă si broşă există şi o mişcare de rotaţie.

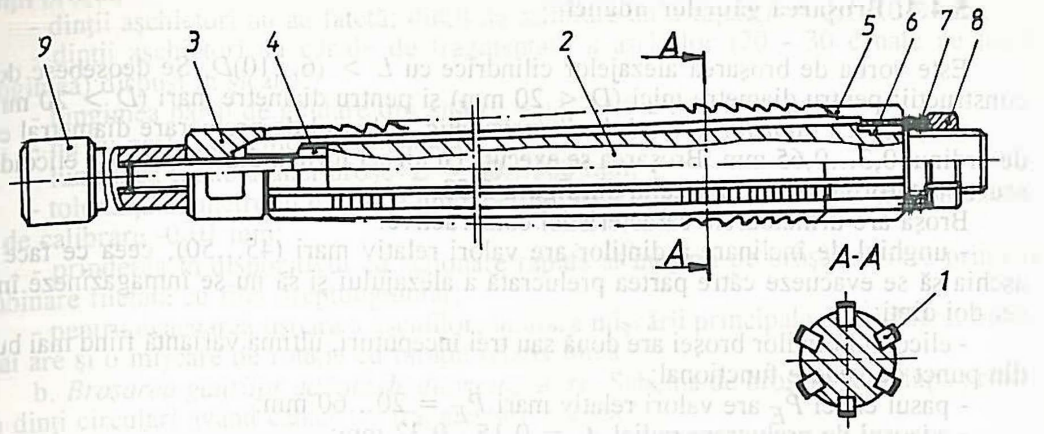


Fig. 5.51

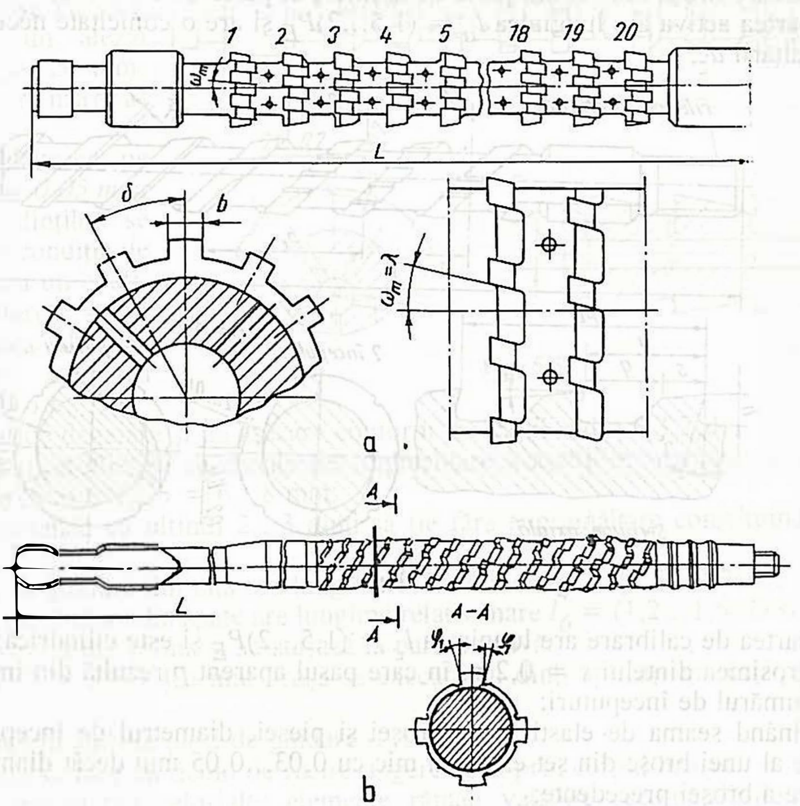


Fig. 5.52

Se recomandă ca prelucrarea să se execute dintr-o singură trecere, cu o singură broşă. Folosirea unui set din mai multe broşe impune condiţii stricte de execuţie, la realizarea lăţimii şi a pasului unghiular al canelurilor.

5.4.4. Broşarea găurilor adânci

Este vorba de broşarea alezajelor cilindrice cu $L > (6...10)D$. Se deosebesc două construcţii: pentru diametre mici ($D < 20$ mm) şi pentru diametre mari ($D > 20$ mm).

a. *Broşarea găurilor adânci de diametru mic.* Adaosul de prelucrare diametral este de ordinul 0,3...0,65 mm. Broşarea se execută cu un set format din 2...4 broşe elicoidale scurte a căror construcţie rezultă din figura 5.53.

Broşa are următoarele caracteristici constructive:

- unghiul de înclinare a dinţilor are valori relativ mari (45...50), ceea ce face ca aşchia să se evacueze către partea prelucrată a alezajului şi să nu se înmagazineze între cei doi dinţi;
- elicoidul dinţilor broşei are două sau trei începuturi, ultima variantă fiind mai bună din punct de vedere funcţional;
- pasul elicei P_E are valori relativ mari $P_E = 20...60$ mm;
- adaosul de prelucrare radial $A_r = 0,15...0,32$ mm;
- supraînălţarea pe dinte, care corespunde creşterii razei pe o lungime cu un pas P_E, este $a_z = 0,05...0,08$ mm;
- fiecare broşă din set are parte de aşchiere si parte de calibrare;
- partea activa are lungimea $l_a = (1,5...2)P_E$ şi are o conicitate necesară realizării supraînălţării a_z;

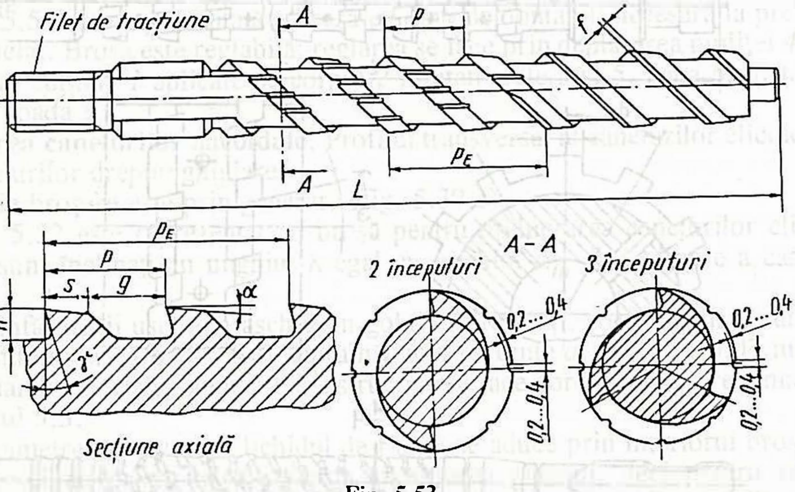


Fig. 5.53

- partea de calibrare are lungimea $l_c = (1,5...2)P_E$ şi este cilindrică;
- grosimea dintelui $s = 0,2\,p$, în care pasul aparent p rezultă din împărţirea elicei P_E la numărul de începuturi;
- ţinând seama de elasticitatea broşei şi piesei, diametrul de început al părţii de aşchiere al unei broşe din set este mai mic cu 0,03...0,05 mm decât diametrul părţii de calibrare a broşei precedente;
- pentru evacuarea uşoară a aşchiilor, miezul broşei are o conicitate inversă; miezul broşei are la începutul părţii active $d_m = 0,2\,P_E$ şi scade spre finalul părţii de calibrare la $d_m = 0,15\,P_E$; din acest motiv, înălţimea dinţilor creşte către finalul broşei;
- golul elicoidal dintre dinţi se lustruieşte;
- unghiul de degajare $\gamma = 10°...15°$; unghiul de aşezare $\alpha = 2°...3°$ pentru toţi

dinţii broşei;

- dinţii aşchietori nu au faţetă; dinţii de calibrare au o faţetă f = 0,1...0,2 mm;

- dinţii aşchietori au canale de fragmentare a aşchiilor (20 - 30 canale pe toată lungimea) dispuşi în şicană;

- lungimea părţii de ghidare din faţă l_4 = (1...1,5)D;

- nu au partea de ghidare din spate;

- lungimea totală a unei broşe L = 80...300 mm;

- toleranţa diametrului părţii de ghidare din faţă -0,02 mm, iar a dinţilor de aşchiere şi de calibrare -0,01 mm;

- prinderea în dispozitivul cu acţionare rapidă al maşinii de broşat se face printr-o îmbinare filetată cu filet dreptunghiular;

- pentru evacuarea uşoara a aşchiilor, în afara mişcării principale de aşchiere, broşa mai are şi o mişcare de rotaţie cu turaţie relativ mică.

b. *Broşarea găurilor adânci de diametru mare.* Schema de broşare este după profil, cu dinţi circulari având canale de fragmentare a aşchiilor.

În figura 5.54 este reprezentată una din broşele ce aparţine setului de broşe cu care se broşează un alezaj adânc cu D > 20 mm. Sunt de remarcat următoarele:

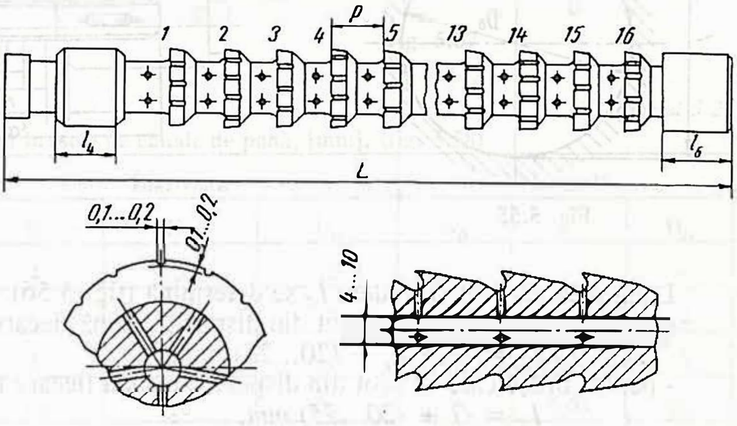


Fig. 5.54

- supraînălţarea pe diametru $2a$ = *0,05 mm*;

- pasul dinţilor se determină din condiţia de umplere pentru un coeficient de umplere k = *4*;

- grosimea dintelui s = *0,4* p; grosimea golului g = *0,6* p;

- unghiul de degajare şi de aşezare conform indicaţiilor din 5.3.2,d;

- toţi dinţii aşchietori au canale de fragmentare a aşchiilor, dispuse în şicană, la distanţe pe circumferinţa b = 6...8 mm;

- se recomandă ca ultimii 2...3 dinţi să fie fără supraînălţare constituind dinţi de rezervă;

- partea de ghidare din faţă are lungime relativ mică l_4 = (0,5...0,7) D;

- partea de ghidare din spate are lungime relativ mare l_6 = (1,2...1,5) D şi dacă este posibil, se execută din bronz şi se ataşază la partea activă;

- pentru D > (30...40) mm broşa se execută cu dinţi aplicaţi montaţi pe un corp tubular;

- toleranţa la ambele părţi de ghidare -0,02 mm;

- broşarea se face cu lichid de răcire-ungere adus prin corpul broşei.

Pentru proiectarea celorlalte elemente rămân valabile recomandările făcute în subcapitolul 5.3.

5.4.5. Broşarea canalelor de pană

Schema de broşare este prin generare ca în cazul canelurilor dreptunghiulare (fig. 5.39), mai des folosită fiind schema din figura 5.39,c.

Adaosul de prelucrare A_r se determină cu relaţia (fig. 5.55):

$$A_r = t_{max} - D_0 + c \ ; \ c = 0{,}5[D_0 - (D^2{}_0 - b^2)^{0,5}],$$

iar t_{max} reprezintă valoarea lăţimii t calculată la abaterea maximă.
Se mai poate determina şi cu relaţia : $A_r = t - D_0 + c + 0{,}7\,T_t$,
în care T_t este toleranţa cotei t, celelalte dimensiuni fiind la valoarea nominală.

Supraînălţarea pe dinte a_z se alege din tabelul 5.12.

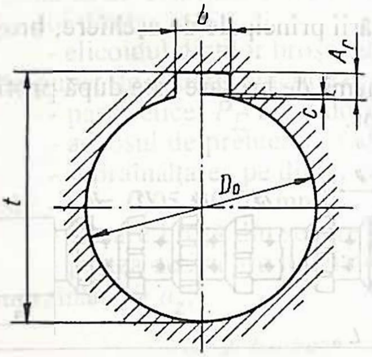


Fig. 5.55

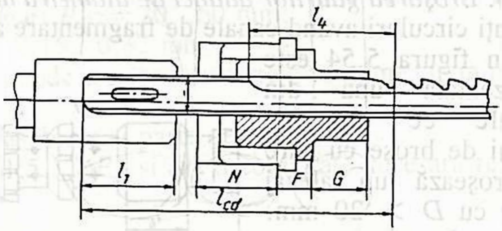


Fig. 5.56

Lungimea părţii de prindere l_4 se determină (fig. 5.56):
- pentru broşe care nu se scot din dispozitiv după fiecare trecere

$$l_4 = G + l_p + (20...25) \text{ mm};$$

- pentru broşe care se scot din dispozitiv după fiecare trecere

$$l_4 = G + (20...25) \ mm,$$

în care G reprezintă lungimea bucşei de ghidare.

Lungimea cozii l_{cd}, conform figurii 5.56, pentru cele două situaţii recomandate mai sus va rezulta

$$l_{cd} = l_1 + N + F + G + l_p + (10...15) \text{ mm, respectiv}$$

$$l_{cd} = l_1 + N + F + G + (10...15) \ mm.$$

Determinarea celorlalte elemente constructive se va face corespunzător recomnadărilor din subcapitolul 5.3.

Broşele de pană se pot construi în trei variante: prismatice cu corp îngroşat (fig. 5.57,*a*), prismatice cu corp normal (fig. 5.57,*b*) şi cu corp cilindric (fig. 5.57,*c*).

Broşele prismatice cu corp îngroşat au următoarele dimensiuni (fig. 5.57,*a*):

$$B = b + (1...6) \ mm; \ h' \approx 1{,}25\, h \ ; \ h_1 \geq [F_z/(B\, \sigma_a)] + h \ .$$

Dinţii broşei, ca şi la broşele pentru caneluri, au un tăiş secundar, cu o faţetă f = 0,8...1mm, fără unghi de aşezare şi unghi de atac, urmat de o muchie cu unghi de atac secundar $\varkappa_1$ = 0°30'...1°

Pentru lăţimi b > 6...8 mm dinţii aşchietori pot avea canale de fragmentare a aşchiei.

Valoarea maximă a adâncimii canalului din bucşa de ghidare nu trebuie să depăşească

$$H \leq = 0{,}5[D_0 + (0{,}5\, D^2{}_0 - B^2)^{0,5},$$

iar valoarea minimă a miezului din bucşă $H_1 \geq 0{,}15\, D_0$.

Broşele *prismatice de grosime normală* (fig. 5.57,*b*) au grosimea egală cu a lăţimii canalului. Dinţii aşchietori au o faţetă f = 0,3...0,5 mm pe tot perimetrul muchiei care rezultă printr-o degajare a spatelui dintelui pe adâncimea b_1 = (0,05...0,1) mm.

Dimensiunile S şi h se calculează $S = (0,4...0,5)\, h_1$; $h_1 = F_z/(b\, \sigma_a) + h$; cotele H şi H_1 se determină ca la cazul precedent.

Pentru cele două construcţii, în tabelul 5.21, se recomandă principalele dimensiuni.

Se recomandă următoarele toleranţe :

- la înălţimea h_1 a dinţilor aşchietori $\pm$ (0,01...0,015) mm pentru $a_z \leq 0,1$ mm şi $\pm$ 0,02 mm pentru $a_z > 0,1$ mm ;
- la înălţimea h_1 a ultimului dinte aşchietor şi a dinţilor de calibrare *1/3* din toleranţa la înălţimea canalului cu semnul minus ;
- la lăţimea b a dinţilor se alege *1/3* din toleranţa lăţimii canalului, nu mai mare de 0,02 mm, cu semnul minus.

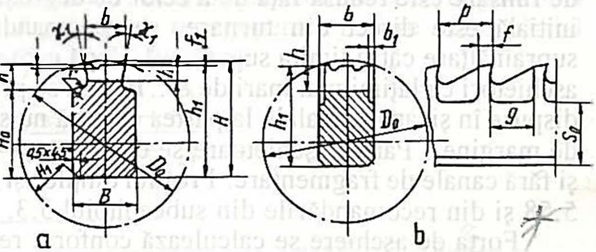


Fig. 5.57

Tabelul 5.21

Dimensiuni recomandate pentru broşele de canale de pană, [mm], (fig. 5.58)

b	h	Îngroşată			Normală		
		B	H_0	D_0	S_0	b_1	D_0
3	7,5	4	5	10	-	-	-
4	9	6	6	13	4	0,05	12
5	11	8	6,5	16	7	0,05	15
6	15	10	10	20	7	0,05	20
8	18	12	12	25	8	0,08	25
10	22	15	15	30	12	0,08	30
12	28	18	20	37	14	0,08	38
14	30	20	22	42	16	0,08	40
16	35	22	25	48	18	0,10	46
18	40	26	25	55	20	0,10	56
20	45	26	25	67	20	0,10	62

În cazul unor canale degroşate prin rabotare sau frezare se lasă pentru broşare un adaos lateral şi pe fundul canalului A = 0,2...0,6 mm; dacă degroşarea a fost făcută tot prin broşare, adaosul se reduce la jumătate.

5.4.6. Broşarea suprafeţelor plane

Adaosul de prelucrare la broşarea suprefeţelor plane este determinat de operaţia prin care s-a obţinut semifabricatul: turnare, forjare, rabotare, frezare sau chiar broşare.

Schemele de broşare care s-au impus sunt broşarea după profil şi broşarea progresivă.

Broşarea după profil se recomandă în cazul adaosurilor relativ mici pentru semifabricat obţinute prin prelucrări prin

Broşarea progresivă se recomanda în cazul adaosurilor de prelucrare mari pentru suprafeţe brute sau prelucrate prin aşchiere.

a. *Broşele plane după profil* rezultă constructiv din figura 5.58.

Supraînălţarea dinţilor aşchietori de degroşare se alege din tabelul 5.12, iar a dinţilor de finisare este redusă faţă de a celor de degroşare, dar nu sub 0,02 mm. Dacă suprafaţa initială este direct din turnare, se recomandă ca primii dinţi aşchietori să aibă o supraînălţare către limita superioară, după care se revine la valoarea recomandată. Dinţii aşchietori cu lăţimi mai mari de 8...10 mm se prevăd cu canale de fragmentare a aşchiilor dispuse în şicană (canalale la partea externă nu se afla la o distanţă mai mica de 2...3 mm de margine). Partea aşchietoare se continuă cu 4...8 dinţi de calibrare fără supraînălţare şi fără canale de fragmentare. Profilul dinţilor şi elementele constructive rezultă din figura 5.58 şi din recomandările din subcapitolul 5.3.

Forţa de aşchiere se calculează conform recomandărilor de la paragraful 5.3.8.

Pentru lătimi $b > 10...12$ mm dinţii broşei se înclină cu un unghi $\lambda = 90 - \omega = 10°...20°$, iar pentru lăţimi $b > 50$ mm, dacă există posibilităţi tehnologice, dinţii au o dublă înclinare, în V (ca în figura 5.36,b).

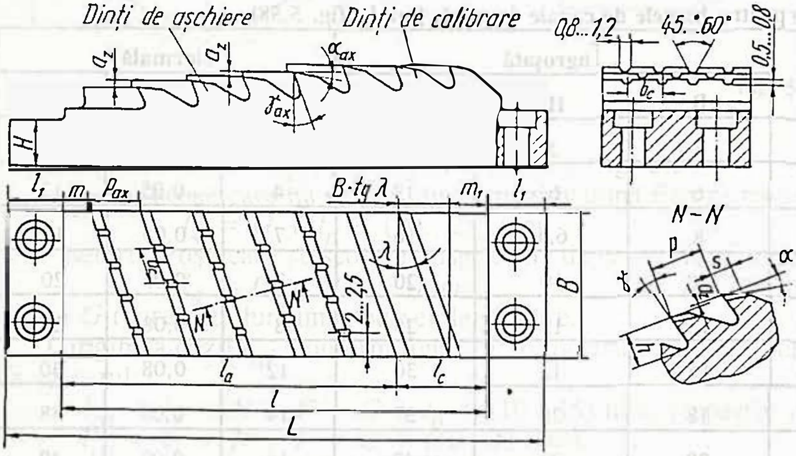


Fig. 5.58

Unghiul de degajare se alege conform indicaţiilor din tabelul 5.15.

Unghiul de aşezare se alege cu valori mai mari decât în cazul broşelor de interior, $\alpha=2°...4°$, ajungând $\alpha=8°...10°$ dacă există posibilitatea de reglare la cotă a broşei în dispo-zitivul de prindere. Pentru dinţii de calibrare $\alpha_c = 1°...3°$. În cazul dinţilor înclinaţi, geometria într-o secţiune axială se determină

$$tg\gamma_{ax} = tg\ \gamma\ cos\ \lambda;\ tg\alpha_{ax} = tg\ \alpha\ cos\ \lambda$$

Lăţimea broşei este cu 2...8 mm mai mare decât lăţimea piesei. Înălţimea H a corpului prismatic $H = (2...3)\ p$.

b. *Broşele plane progresive* sunt folosite în cazul adaosurilor de prelucrare mari, pentru suprafeţe iniţiale brute (turnate sau forjate) sau prelucrate prin aşchiere. Câteva variante de scheme de broşare progresivă plană sunt reprezentate în figura 5.59. Adaosul de prelucrare este împărţit în adaos de degroşare A_d şi de finisare A_f (o variantă propune

$$A_d = (7/8)\ A \text{ şi } A_f = (1/8)\ A).$$

Adaosul de degroşare A_d este îndepărtat după schema progresivă, iar cel de finisare A_f după profil. A_d este împărţit în adaosuri parţiale A_1, A_2..., fiecare dintre ele fiind

aşchiate după schema progresivă cu dinţi cu supraînălţare laterala a_z.

În schema din figura 5.59,*a* prelucrarea începe de la centru către exterior, în timp ce la cea din figura 5.59,*b*, prelucrarea începe de le exterior către centru. Schema din figura 5.59,*c* este asemănătoare cu celelalte numai că dintele este trapezoidal.

O primă construcţie de broşa progresivă care aşchiază după schema de aşchiere din figura 5.59,*b* şi la care supraînălţarea este realizată prin poziţionarea broşei este reprezentată în figura 5.60: pe placa de baza *1* sunt fixate broşele de degroşare *2* şi partea de finisare şi calibrare *3*. Supraînălţarea laterală a_z rezultă din înclinarea cu unghiul τ a broşei de degroşare. Cele două broşe de degroşare se repetă pentru fiecare adaos parţial de degroşare.

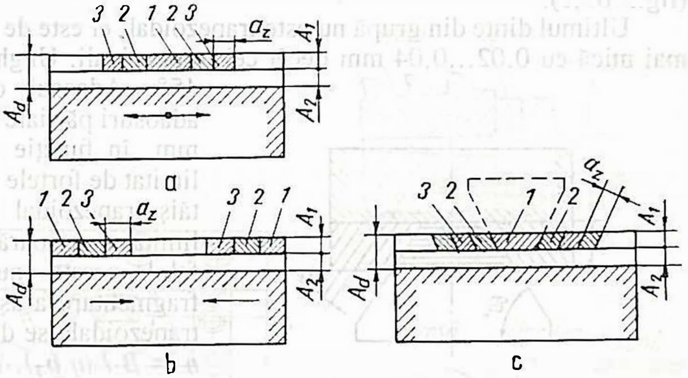


Fig. 5.59

Datorită înclinării cu unghiul τ, geometria funcţională rezultă $\gamma = \gamma_c + \tau$; $\alpha = \alpha_c - \tau$. Unghiul de înclinare $\tau = 4°...6°$, iar unghiurile funcţionale γ si α se aleg corespunzător recomandărilor generale (vezi subcap. 5.3). Unghiul τ verifică şi relaţia $a_z = p \sin \tau$. Daca $a_z = 0{,}2...1$ mm (pe un dinte şi pe o latură) rezultă pasul dinţilor de degroşare p cu care se vor determina celelalte elemente dimensionale (h, s, g, e) şi care se verifică din condiţia de umplere. Adaosurile partiale A_1, A_2... au mărimea de ordinul 0,6...1,2 mm. dintele este construit cu faţeta f = 0,8...1,5 mm şi cu muchie secundară cu $\varkappa_1 = 2...3$.

Dinţii se pot înclina şi cu $\lambda = 15°...20°$, rezultând pentru unghiul de înclinare constructiv $\lambda_c = \lambda - \tau$. La prelucrarea fontelor fară crustă din turnare, supraînălţarea a_z se poate mări faţă de recomandările de mai sus.

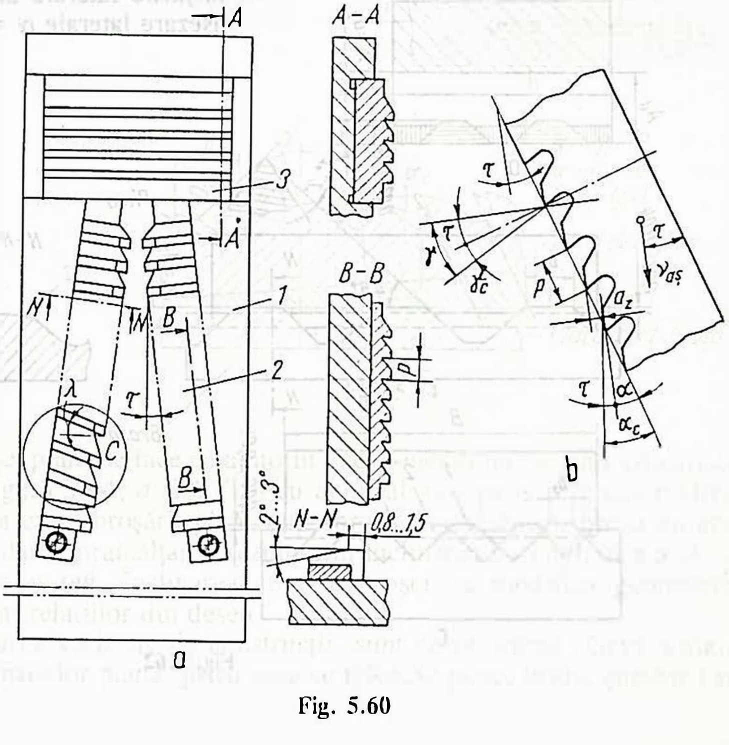


Fig. 5.60

O a două construcţie de broşă progresivă aşchiază după schema de broşare din figura 5.61 folosind dinţi trapezoidali cu unghiul la baza dintelui de *60°*. începe prin spargerea unui canal central cu dinţi trapezoidali după schema de broşare după profil, pe o lăţime de *4...8 mm* cu supraînălţări radiale $a_z = 0,1....0,2$ *mm*. După ce se ajunge la fundul adaosului de degroşare, bro-şarea urmează după schema progresivă cu su-praînălţari laterale $a_z = 0,4$ *mm* pe dinte şi pe o latură. Construcţia este recomandată broşării pieselor din fontă cu suprafeţe brute direct din turnare.

O a treia construcţie generează cu dinţi trapezoidali după schema din figura 5.62. Bro-şarea se face cu grupe de dinţi formate din *doi* dinţi (fig.5.62,*b*), sau din *trei* dinţi (fig.5.62,*c*).

Ultimul dinte din grupă nu este trapezoidal, el este de lăţimea broşei şi are o înălţime mai mică cu 0,02...0,04 mm decât cei trapezoidali. Unghiul de profil al trapezului este 45°. Adaosul de degroşare se împarte în adaosuri parţiale $A_1 = A_2 ... = a_z = (0,15...1)$ mm, în funcţie de material, lăţimea piesei şi limitat de forţele de aşchiere. Lăţimea b_1 a unui tăiş trapezoidal se alege $b_1 = 4...9$ mm,(spre limita superioară pentru materiale fragile), în felul acesta nu sunt necesare canale de fragmentare a aşchiilor. Numărul *n* de vârfuri trapezoidale se determină cu relaţia $n = B / (q\, b_1)$, în care $q = 2$ *sau* 3 reprezintă numărul de dinţi din grupa de broşare. Pe tăişurile laterale ale dinţilor apar unghiuri de aşezare laterale $\alpha = 1°...2°$.

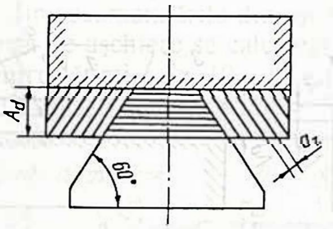


Fig. 5.61

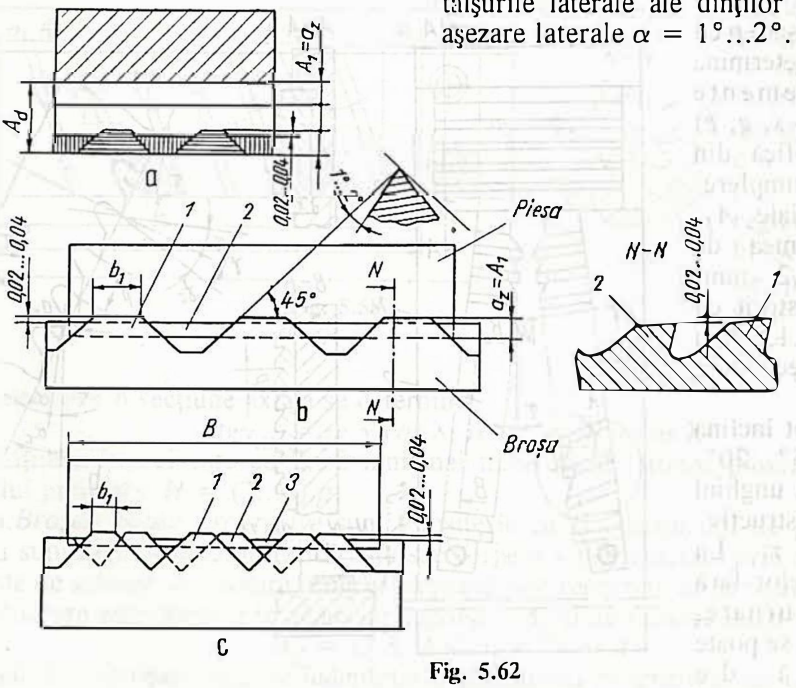


Fig. 5.62

Deoarece volumul aşchiei degajate este mare, la broşele progresive pasul dinţilor este relativ mare şi se determină cu relaţia $p = c\, l_p^{0,5}$, în care c este un coeficient care are valori $c = (1{,}5 \ldots 2)$ şi chiar $c = (2 \ldots 4)$.

Partea de aşchiere a broşelor se continuă cu 4 ... 6 dinţi de finisare care prelucrează după profil, urmată de o parte de calibrare formată din 4 ... 8 dinţi fără supraînălţare .

Celelalte elemente se determină corespunzător recomandărilor făcute în subcap. 5.3.

În figura 5.63 este reprezentat dispozitivul de broşare plană format din broşa plană, placa de bază, pana de fixare a broşei, pana de reglare la cotă a broşei şi opritorul (reazemul) de preluare a eforturilor de broşare. Prinderea dispozitivului pe masa maşinii se face cu şuruburi, iar orientarea prin intermediul unor pene .

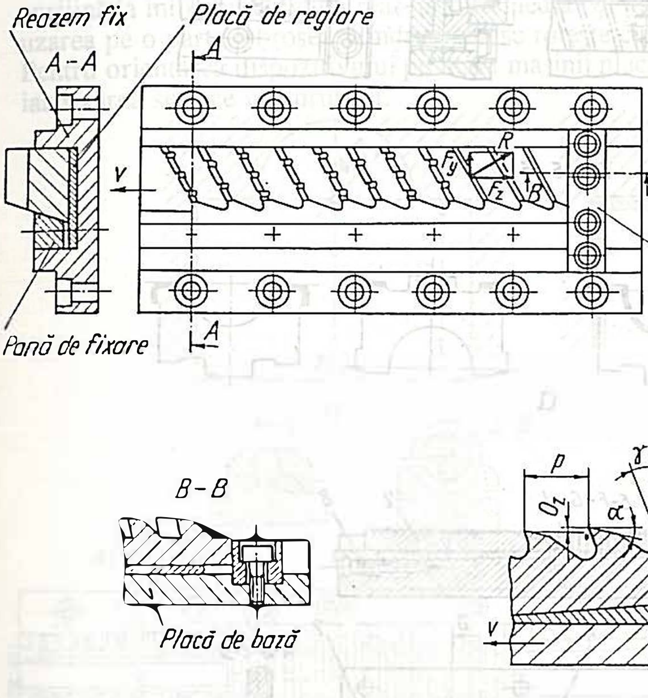


Fig. 5.63

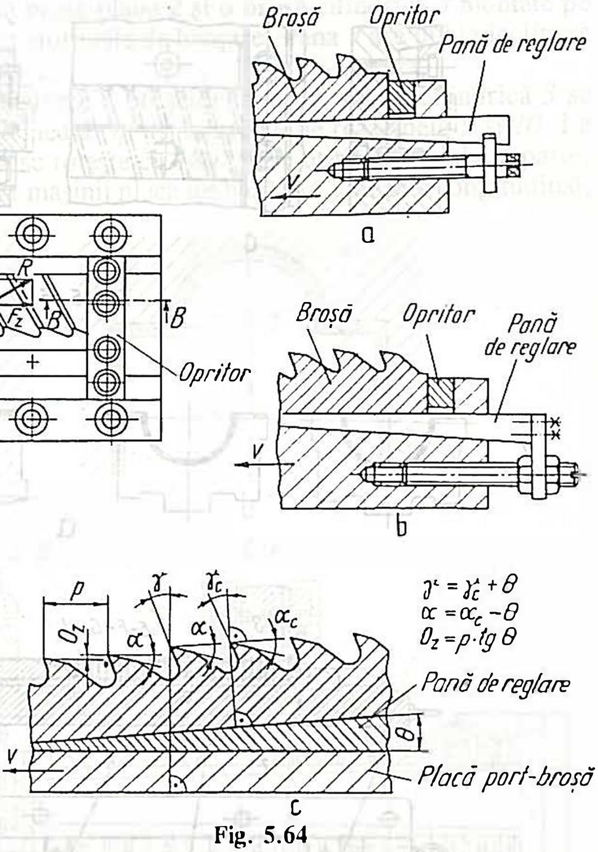


Fig. 5.64

Reglarea la cotă a broşei plane se face cu ajutorul unei pene, două variante constructive fiind reprezentate în figura 5.64, *a* şi *b*. Tot cu ajutorul unei pene se poate realiza şi supraînălţarea pe dinte în cazul broşării plane după profil (fig. 5.64,*c*): broşa nu are supraînălţare constructivă, dar supraînălţarea rezultă din înclinarea cu unghiul θ a ei în corpul dispozitivului $a_z = p\, tg\theta$. Înclinarea cu θ a broşei va modifica geometria funcţională a broşei conform relaţiilor din desen.

În figura 5.65, din marea varietate de construcţii, sunt reprezentate câteva soluţii constructive de prindere a broşelor plane, petru care se folosesc pene, bride, şuruburi şi plăci de bază .

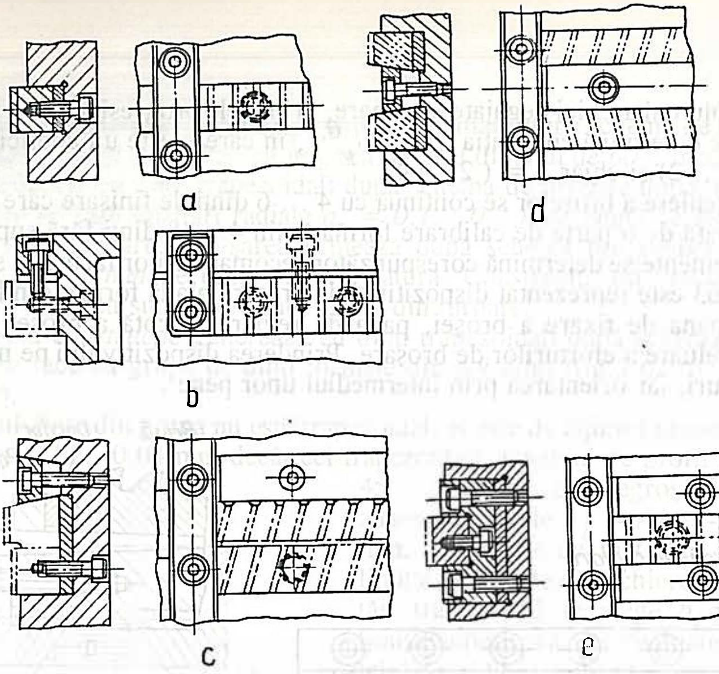


Fig. 5.65

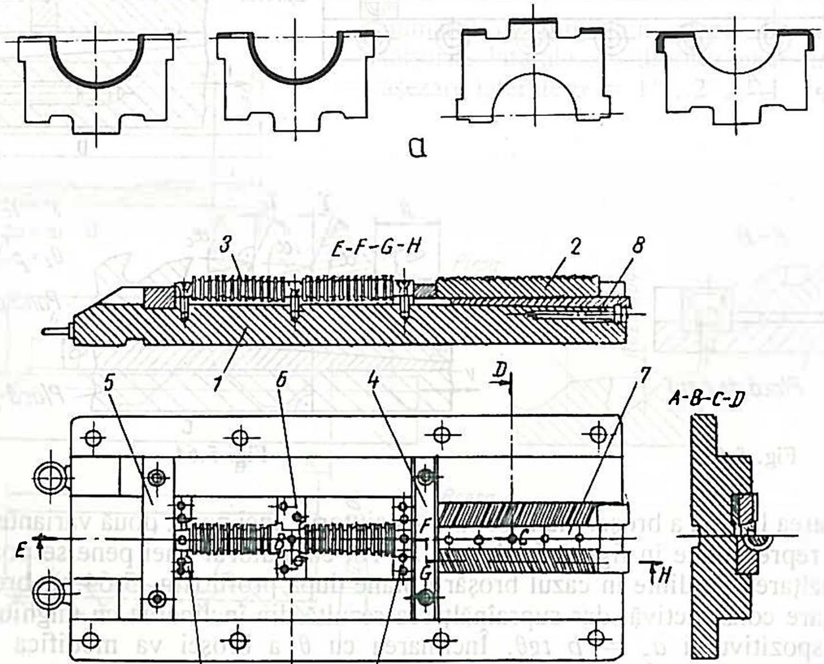


Fig. 5.66

5.4.7 Broşe pentru suprafeţe exterioare cu generatoare compuse

Profilul compus al suprafeţei exterioare se descompune în liniile simple, usor de generat prin broşare, rezultând o broşă compusă din mai multe broşe simple, în general, executată din bucăţile corespunzătoare montate pe un corp comun. Pentru fiecare broşă componentă indicaţile de proiectare sunt aceleaşi discutate până acum. Calculele de proiectare se fac separat pentru fiecare broşă componenta .

Un exemplu îl constituie dispozitivul de broşare a capacului de bielă din fig. 5.66,*a*, din care rezultă suprafeţele ce se prelucrează prin broşare.

Un dispozitiv de broşare pentru prelucrarea unui capac de bielă este reprezentat în figura 5.66,*b* şi este format din: două broşe plane *2* şi o broşă cilindrica *3* montate pe placa de bază *1*. Reazemele *4* şi *5* preiau eforturile de broşare. Pana *7* are dubla înclinare şi fixează broşele plane pe placa de bază *1*.
Penele *8* folosesc la reglarea cotei pe înălţime a broşelor plane *2*. Broşa cilindrică *3* se sprijină la mijlocul ei pe un reazem intermediar *6*, iar la capete pe reazemele *9* şi *10*. La uzarea pe o parte a broşei cilindrice, ea se roteşte cu *180°* şi se utilizează cealaltă parte. Pentru orientarea dispozitivului pe masa maşinii placa de bază are un canal longitudinal, iar fixarea se face cu şuruburi.

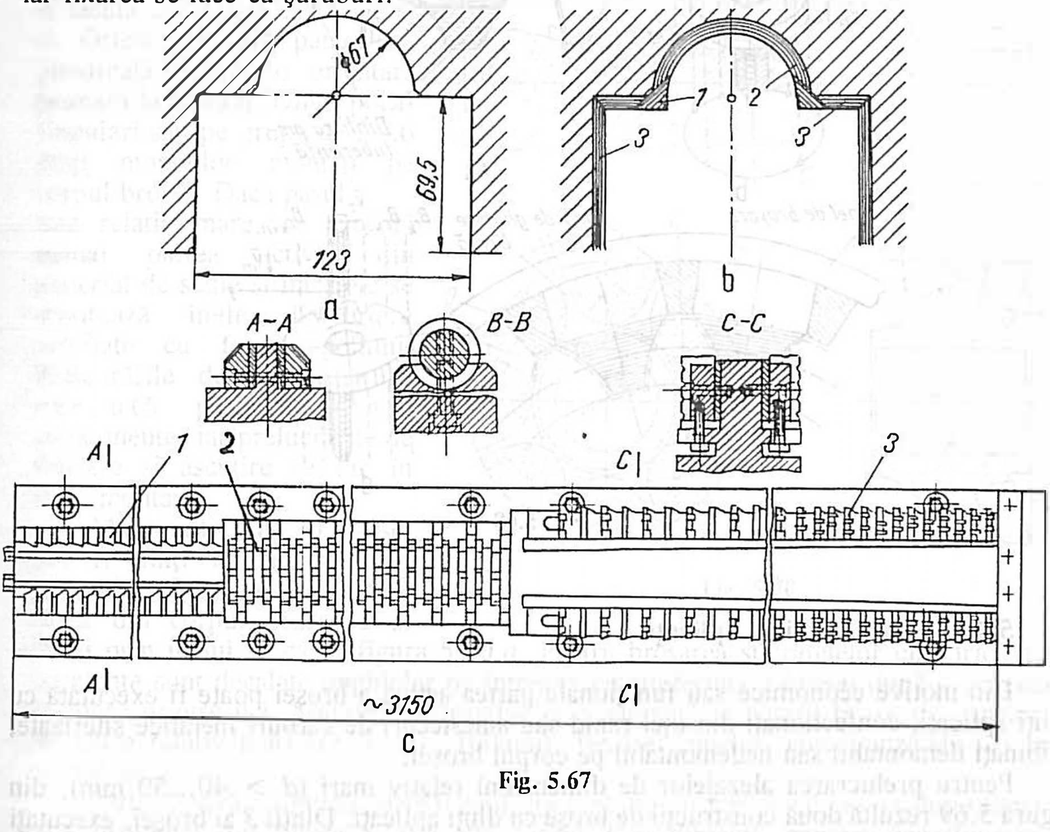


Fig. 5.67

Pentru suprafaţa cu profilul compus din figura 5.67,*a* schema de broşare rezultă din figura 5.67,*b*, iar dispozitivul de broşare este reprezentat în figura 5.67,*c*. Dispozitivul de broşare este format din broşele *1* pentru prelucrarea teşiturilor, broşa cilindrica *2* şi broşele plane *3*.

În cazul producţiilor de masă prin broşare se poate prelucra o varietate mare de suprafeţe exterioare cu generatoare complexe şi compuse, cum sunt flancurile evolventice ale roţilor dinţate, sectoarelor dinţate ş.a.

Spre exemplu, din figura 5.68 rezultă schematic danturarea prin broşare a roţilor cilindrice. O primă variantă constructivă foloseşte un număr de broşe prismatice profilate egal cu numărul de goluri şi care broşează după schema de broşare din figura 5.68,. Broşele $B_1...B_n$ sunt aşezate corespunzător golurilor dintre dinţi (fig. 5.68,*b*) şi au mişcarea principală de aşchiere $v_{aş}$. Broşele sunt montate într-un corp inelar ca în figura 5.68,*c*. Un alt mod de generare rezultă din figura 5.68,*d*; broşa *1* are o mişcare principală de aşchiere $v_{aş}$ şi o mişcare de transport v_2, în timp ce roata semifabricat se roteşte cu turaţia *n* necesară divizării cu un dinte. După broşarea unui gol ciclul se reia prin readucerea broşei în poziţia iniţială.

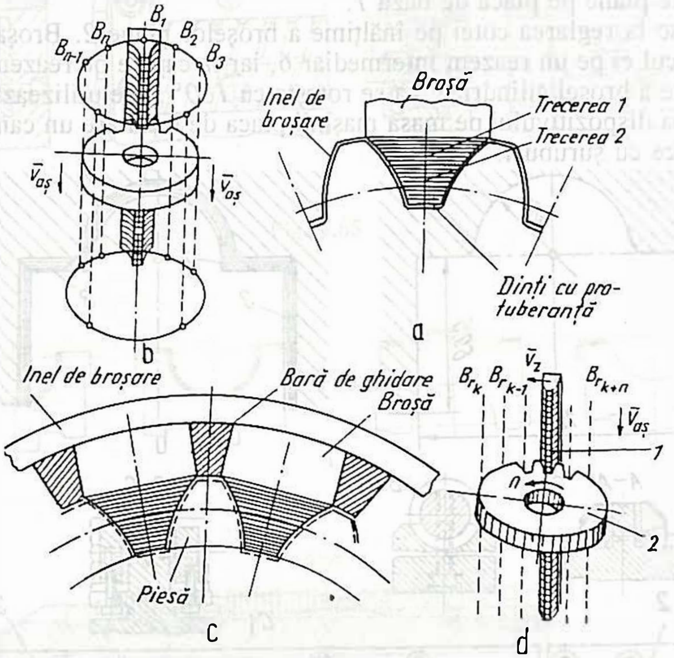


Fig. 5.68

5.4.8. Broşe cu dinţi aplicaţi

Din motive economice sau funcţionale partea activă a broşei poate fi executată cu dinţi aplicaţi, confecţionaţi din oţel rapid sau amestecuri de carburi metalice siterizate, îmbinaţi demontabil sau nedemontabil pe corpul broşei.

Pentru prelucrarea alezajelor de dimensiuni relativ mari (d > 40...50 mm), din figura 5.69 rezultă două construcţii de broşe cu dinţi aplicaţi. Dinţii *3* ai broşei, executaţi din oţel rapid sunt montaţi în ordine pe corpul *1* al broşei confecţionat din oţel de construcţie nealiat sau aliat, orientaţi prin pana longitudinală *4* şi fixaţi prin piuliţele 2. Prima soluţie are avantajul că îmbinarea filetată nu este supusă eforturilor de broşare, dar corpul şi coada rezultă relativ subţiriă. Dinţii *3* se orientează pe corpul *1* cu o pană lon-

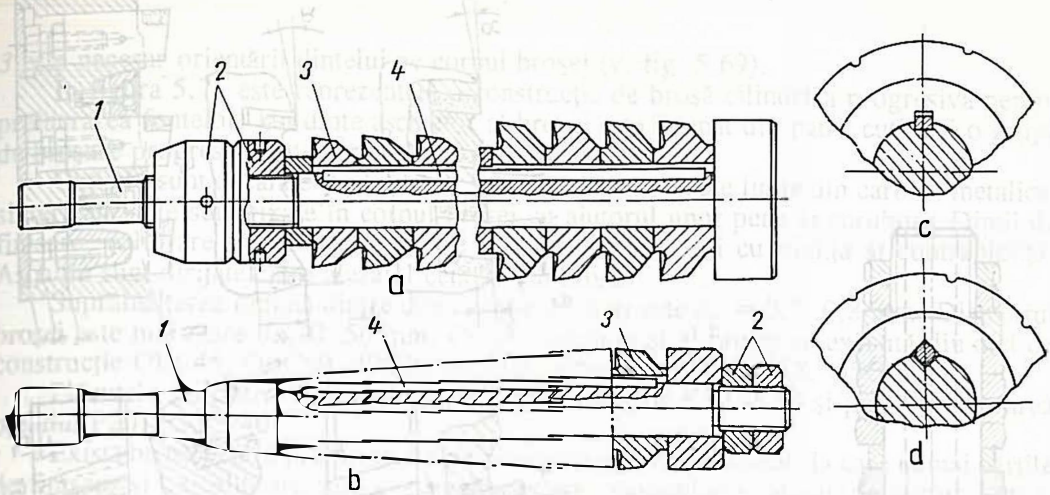


Fig. 5.69

gitudinală 4 îmbinare care poate fi făcută ca în figura 5.69,*c* şi *d*. Orientarea prin pana longitudinală 4 este o orientare primară la montaj. Dinţii pot fi singulari sau pe grupe de 2...6 dinţi monobloc montaţi pe corpul broşei. Dacă pasul este relativ mare, se execută numai partea activă, din material de scule şi între ele se montează inele distanţiere profilate cu forma golului. Prelucrările de degroşare se execută pe elemente componente, iar prelucrările de finisare şi ascuţire se fac în stare montată.

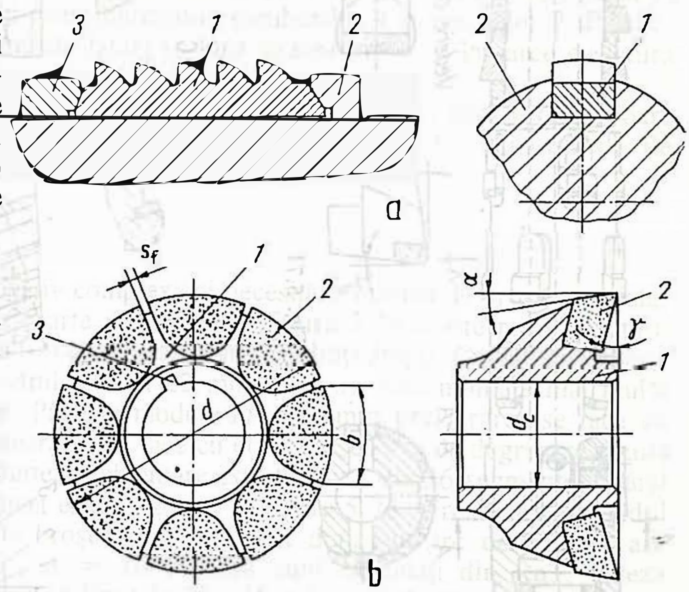


Fig. 5.70

Mai mulţi dinţi ai broşei pot fi uniţi într-un segment monobloc *1* ; montaţi într-un canal din corpul broşei *2* şi fixaţi prin inelul *3*, ca în figura 5.70,*a*. Pentru broşarea suprafeţelor cilindrice aceste segmente sunt decalate unghiular pe întreaga circumferinţă a broşei după o schemă de aşchiere progresivă. Soluţia constructivă este adoptată şi pentru broşe de caneluri cu diametre relativ mari (D > 80...100mm), fiecărei caneluri corespunzându-i o broşă monobloc.

Partea activă a dintelui poate fi confecţionată din carburi metalice, o soluţie constructivă rezultând din figura 5.70,*b*. Pe corpul *1* al dintelui, confecţionat din oţel de construcţie, sunt lipite plăcuţele *2* din amestecuri din carburi metalice sinterizate. Lăţimea *b* a plăcuţei se alege astfel încât sa nu fie necesare canale de fragmentare a aşchiilor, rolul acestora fiind jucat de canalele de lăţime s_f dintre două plăcuţe vecine. Canalul de pană

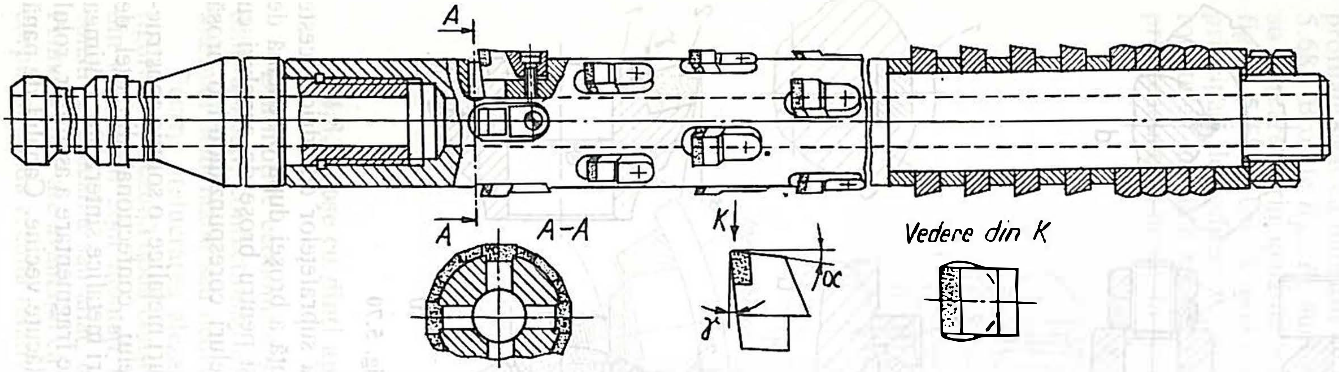


Fig. 5.71

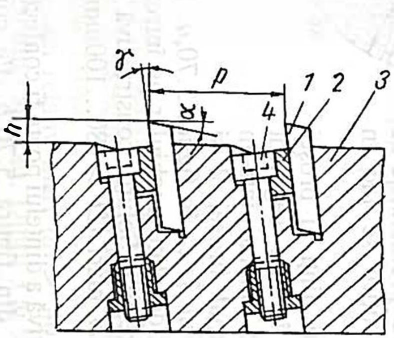


Fig. 5.72

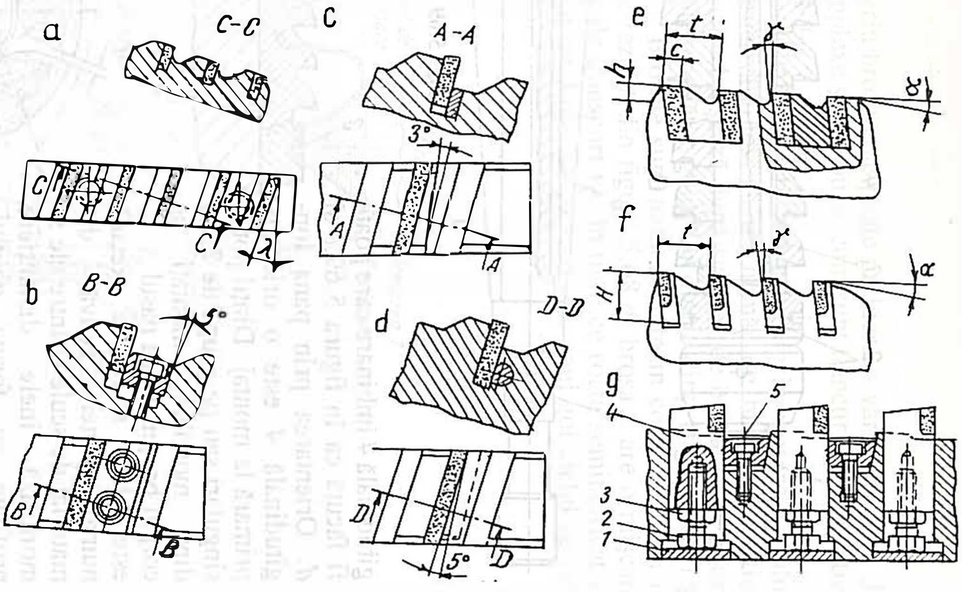


Fig. 5.73

3 este necesar orientării dintelui pe corpul broşei (v. fig. 5.69).

În figura 5.71 este reprezentată o construcţie de broşă cilindrica progresivă pentru prelucrarea fontelor. Un dinte aşchietor al broşei este format din patru cuţite şi o grupă de broşare progresivă este formată din patru dinţi.

Cuţitele sunt decalate unghiular şi sunt armate cu plăcuţe lipite din carburi metalice sinterizate. Ele sunt fixate în corpul broşei cu ajutorul unor pene şi şuruburi. Dinţii de finisare, calibrare şi cei doi de tasare sunt inelari si fixaţi cu piuliţă si contrapiuliţă. Aşchiile sunt dirijate către alezajul central din broşă.

Supraînălţarea radială dintre două grupe de dinţi este a_z = 0,5..0,8 mm. Diametrul broşei este mai mare de 40..50 mm. Corpul cuţitului şi al broşei se execută din oţel de construcţie OLC45, OLC60, 40C10 sau oţel carbon de scule OSC8, OSC10.

Plăcuţele utilizate sunt: pentru prelucrarea fontelor K30, K40 şi pntru prelucrarea oţelului P20, P30, P40.

Există broşe pentru prelucrarea alezajelor cilindrice sau canelate la care numai părţile de finisare şi de calibrare sunt executate separat, monobloc şi ataşate la partea activă. Dinţii aplicaţi se folosesc în mai multe cazuri de broşe plane. În figura 5.72 este reprezentată construcţia unei broşe plane cu dinţii sub forma de plăci din oţel rapid *1*, montaţi pe placa de bază *3*, fixaţi prin intermediul şuruburilor *4* şi a penelor *2*. Plăcile din oţel rapid sunt ascuţite pe ambele laturi şi după uzarea uneia se întoarce cu latura neuzată.

În figura 5.73 sunt arătate câteva variante constructive ale dinţilor broşelor exterioare armate cu amestecuri din carburi metalice, îmbinări executate fie demontabil, fie nedemontabil. Pentru fixare se folosesc pene, bride şi şuruburi.

5.4.9. Broşe circulare

Deoarece au o construcţie relativ complexă şi necesită o maşină de broşat specială, broşele circulare au o răspândire foarte restrânsă. În figura 5.74,*a* este reprezentată o broşă circulară pentru prelucrarea roţilor dinţate conice cu dinţi drepţi. Corpul broşei este constituit dintr-un disc (cu diametrul de 541,22 mm) pe care sunt montate mai multe segmente formate din 4...5 dinţi. Până la module $m < 5$ mm prelucrarea se face cu broşe, iar pentru $m > 5$ mm prelucrarea se face cu două broşe: una de degroşare şi una de finisare. Broşa are 75 dinţi. Partea aşchietoare este formată din 16 segmente, având câte 4..5 dinţi. Un astfel de segment este prezentat în figura 5.74,*c*, rezultând şi modul de fixare a segmentului. Dintele broşei este detalonat după un arc de cerc şi are următoarea geometrie: $\gamma = 15°$, $\alpha = 10°$. Dinţii sunt executaţi din Rp3. Viteza principală de aşchiere este cuprinsă în limitele 25...35 m/min. Schema de broşare este o schemă combinată şi rezultă din figura 5.74,*b* şi *d*. Profilul dinţilor nu este evolventic, ci este un arc de cerc prin care se aproximeză evolventa teoretica. Ciclul de lucru este relativ complex şi cuprinde faze cu avans longitu-dinal prin deplasarea centrului broşei.

În figura 5.75,*a* este reprezentată o broşă care dantureazǎ fără mişcare de avans longitudinal după schema de broşare din figura 5.75,*b* şi *c*. Broşa este formată din 16 segmente - blocuri a câte 4 cuţite fiecare. Blocurile *1,3* şi *5* fac o spargere a mijlocului golului, iar blocurile *2,4* şi *6* lărgesc canalul. Blocurile *7...16* prelucrează fundul dintelui. Broşarea se foloseşte numai pentru degroşare, pentru finisare, rămânând un adaos de prelucrare pe flancuri de 0,3...1mm. Raza discului este de 270,61 mm. Supraînălţarea radială la vârful dintelui este de 0,34 mm. dintele broşei are profil arc de cerc (fig. 5.75,*d*) de rază Rp. Arcul de rază Rp acoperă cele două linii de profil extreme ale flancului dintelui (fig. 5.75,*d*).

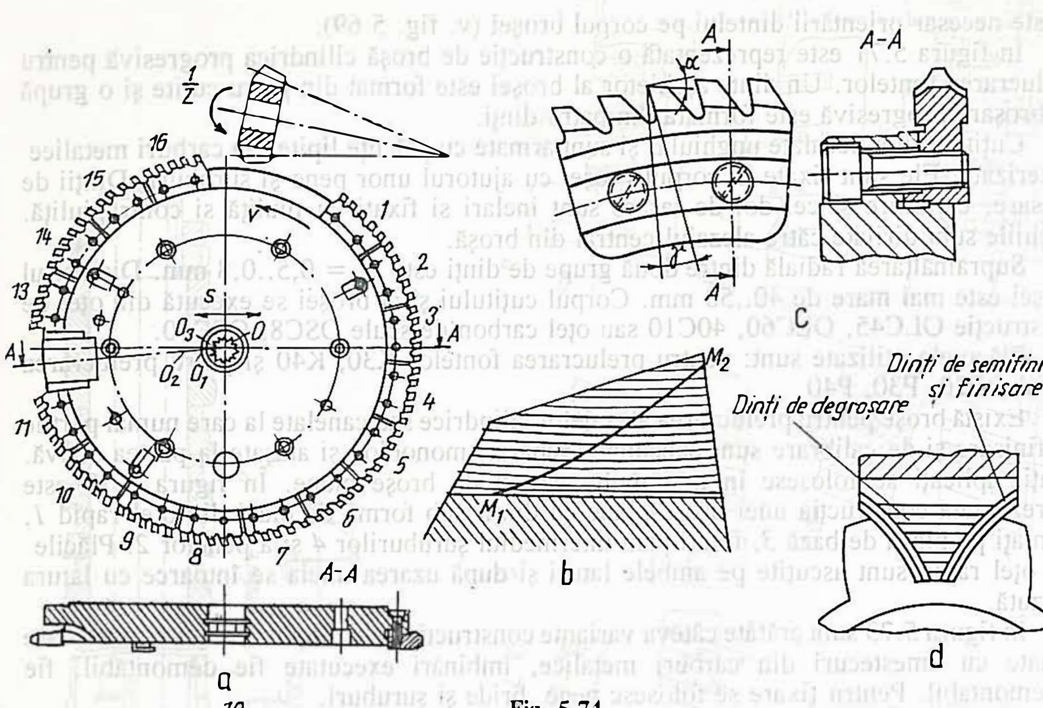


Fig. 5.74

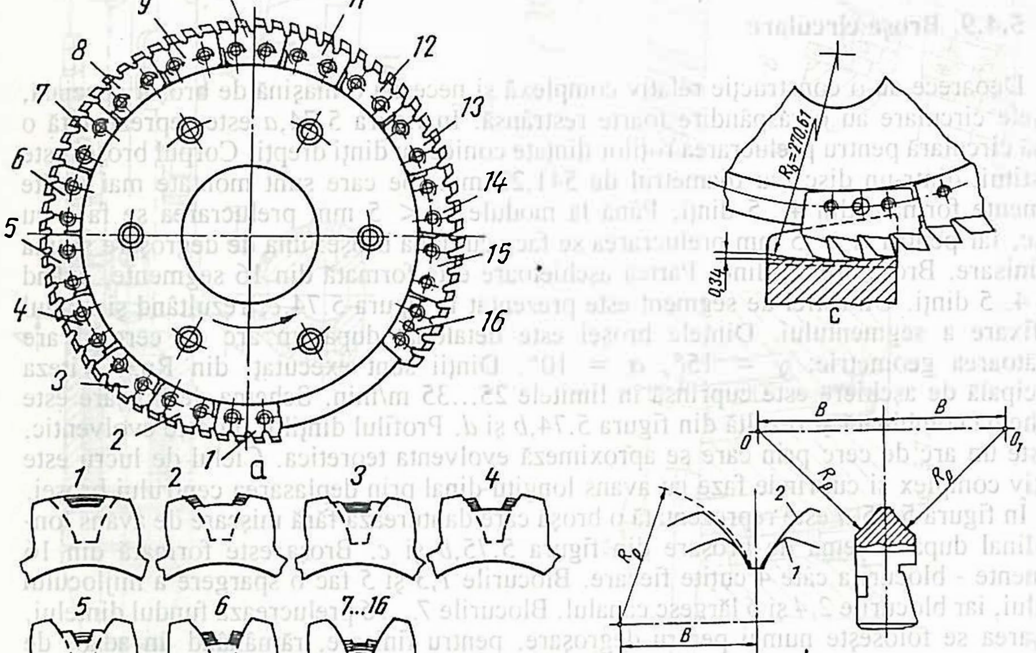


Fig. 5.75

În figura 5.76,*b* este reprezentată o broşă circulară care prelucrează cozile profilate în *T* ale paletelor de turbină după schema de aşchiere din figura 5.76,*a*. Pentru prelucrarea întregii suprafeţe se folosesc două broşe: o broşă prelucrează suprafeţele corespunzătoare adaosurilor *2* şi *3*, iar cea de-a doua va prelucra adaosurile *1*, *4* şi

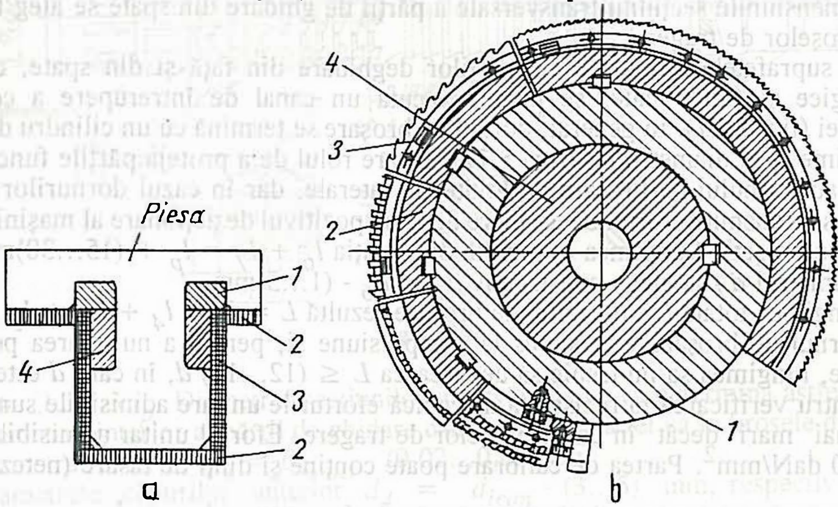


Fig. 5.76

teşiturile. Broşarea profilului *T* înlocuieşte frezarea şi elimină rectificarea. Pentru oţelul rezistent la temperaturi înalte din care este construită paleta de turbină, supraînălţarea pe dint este de 0,03...0.07 mm. Dinţii broşei se execută din oţel rapid, dar pot fi confecţionaţi şi din amestecuri de carburi metalice. Constructiv broşa seamană cu cea pentru danturare: pe discul *1*, sunt montate blocurile *2* sub forma unor casete în care sunt fixate sectoarele dinţate *3*. Broşa se fixează pe rotorul *4* al arborelui maşinii de broşat.

5.5. DORNURI DE BROŞARE

Principalele elemente constructive şi dimensionale ale dornurilor de broşare rezultă din figura 5.77. Porţiunea l_3 corespunde conului de ghidare (căutătorul de gaură). Porţiunea l_4 reprezintă partea de ghidare din faţă. Partea aşchietoare, în care intră dinţii de degroşare şi dinţii de finisare, este de lungime l_{as}. Dornul de broşare se continua cu porţiunea de calibrare de lungime l_c. Urmează partea de ghidare din spate (posterioară) de lungime l_6. Dornul de broşare se termină cu o parte de protecţie de lungime l_7 şi de diametru d_7 (construcţie care apare uneori şi la broşele care nu au partea de prindere din spate). Lungimea l_3 a conului de ghidare este cuprinsă în limitele l_3 = 5...15 mm pentru alezaje cu diamtrul D_0 = 10...50 mm, iar semiunghiul conului se alege, în medie, 10°...15°. Conul se termină cu partea frontală a dornului printr-o racordare cu raza r = 1...2 mm. Lungimea l_4 a părţii de ghidare din faţă se alege în funcţie de lungimea broşei: $l_4 = (0,7...1)l_p$. Diametrul d_4 al părţii de ghidare din faţă se alege ca în cazul broşelor de tragere, ţinându-se sema de aceleaşi condiţii funcţionale: partea de ghidare din faţă, împreună cu suprafaţa iniţială prelucrată în piesă să formeze un ajustaj alunecător. În cazul alezajelor cilindrice, din motive de siguranţă, se recomandă ca $d_4 = D_{0min} - 0,05$ (D_{0min} este diametrul alezajului iniţial calculat la abaterea minimă).

Toleranţele părţii de ghidare din faţă sunt date în tabelul 5.10. Rugozitatea suprafeţei

părţii de ghidare din faţă este de 0,8 μm.

Partea activă a dornului de broşare se proiectează la fel ca în cazul broşelor de tragere. Lungimea l_6 se alege în funcţie de lungimea de broşat l_p în limitele $l_6 = (0,7...0,5)l_p$ descrescătoare cu creşterea diametrului.

Dimensiunile secţiunii transversale a părţii de ghidare din spate se aleg la fel ca în cazul broşelor de tragere.

Pe suprafeţele cilindrice ale părţilor deghidare din faţă şi din spate, din motive tehnologice şi funcţionale, se poate executa un canal de întrerupere a continuităţii suprafeţei (fig. 5.77). În general, dornul de broşare se termină cu un cilindru de protecţie de lungime l_7 şi diametru d_7 (fig. 5.77). El are rolul de a proteja părţile funcţionale ale broşei sau dornului de broşare de loviturile laterale, dar în cazul dornurilor prin acest cilindru se transmite efortul de aşchiere de la dispozitivul de acţionare al maşinii de broşat (presei de broşat). Lungimea l_7 rezultă din relaţia $l_6 + l_7 = l_p + (15...30)$mm.

Diametrul d_7 se alege constructiv $d_7 = d_6 - (1...5)$mm.

Lungimea totală L a dornului de broşare rezultă $L = l_3 + l_4 + l_{as} + l_c + l_6 + l_7$.

Dornul de broşare este supus la compresiune şi, pentru a nu aparea pericolul de flambare, lungimea sa nu trebie să depăşeasca $L \leq (12...15)\ d$, în care d este diametrul său. Pentru verificarea la rezistenţa mecanică eforturile unitare admisibile sunt cu circa 50% mai mari decât în cazul broşelor de tragere. Efortul unitar admisibil la strivire $\sigma_s \leq 60$ daN/mm^2. Partea de calibrare poate conţine şi dinţi de tasare (netezire).

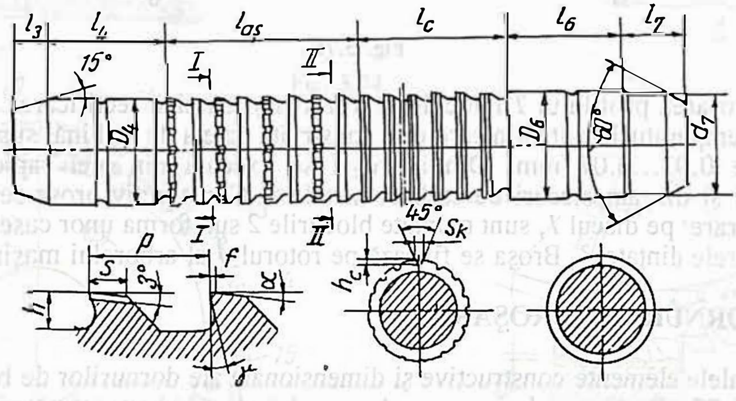


Fig. 5.77

Dornuri de broşare se folosesc şi pentru operaţiile de curăţire prin broşare a pieselor călite (care după tratamentul termic suferă deformaţii). Dornurile de broşare se proiectează urmând acelaşi traseu şi folosind aceleaşi indicaţii ca şi în cazul broşelor de tragere. Se vor exemplifica două construcţii de dornuri de broşare.

a. *Dornul de broşare pentru prelucrarea canelurilor interioare* are construcţia rezultată din figura 5.78. Pentru fiecare parte componentă a lungimii părţii de ghidare din faţă se recomandă:

- lungimea conului de ghidare, $l_3 = 6...15$ mm;
- lungimea cilindrului de ghidare, $l_4 = (0,5...1)l_p$;
- lungimea părţii netede de ghidare (din faţa porţiunii canelate), $l_4' \approx 0,25\ l_4$;
- lungimea părţii de ghidare canelată, $l_{can} = (0,2...0,5)l_p$, în care l_p este lungimea de broşat a piesei;

Lungimea părţii de ghidare din faţă va fi $l = l_3 + l_4 + l_4' + l_{can}$.

Lungimea părţii de ghidare din spate împreună cu cepul posterior se alege constructiv

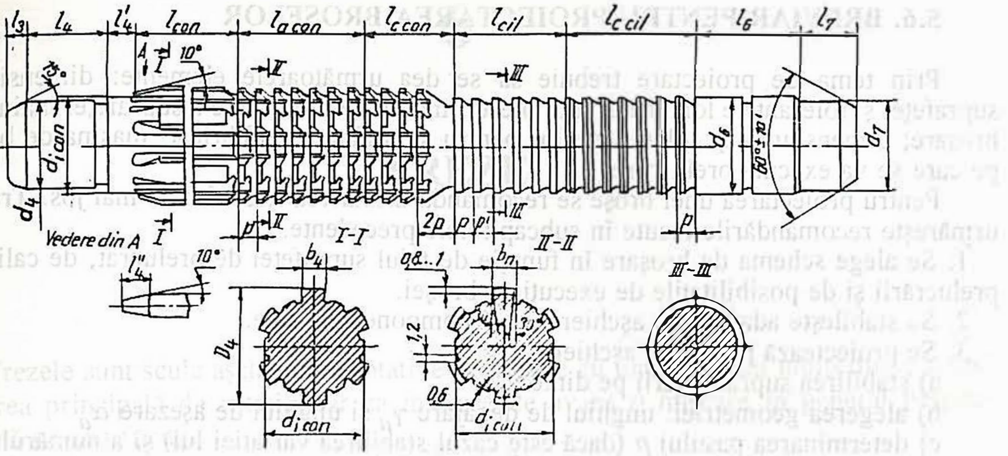


Fig. 5.78

$l_6 + l_7 = (1{,}5...3)l_p$. Diametrul secţiunilor transversale se va determina astfel:

- diametrul interior al părţii de ghidare canelate d_{ican} la fel ca la broşele de tragere;
- diametrul exterior $D_4 = D_{0max}$ - (0,02...0,05)mm;
- diametrele cepurilor anterior $d_4 = d_{ican}$ - (3...5) mm, respectiv posterior $d_7 = (1{,}4...1{,}1)d_4$. Construcţiile simple de dornuri de broşare asigură un ajustaj cu centrare pe cercul exterior al canelurii. O precizie ridicată a ajustajului canelat se asigură la o centrare pe diametrul interior al canelurii. Pentru prelucrarea unui asemenea alezaj se foloseşte o broşă cu dorn de broşare de o *construcţie combinată*, numit aşa deoarece scula aşchietoare, după dinţii aşchetori şi de calibrare canelaţi se termină cu dinţi aşchietori şi de calibrare cilindrici. O astfel de construcţie este cea reprezentată în figura 5.78.

Tabelul 5.22

Recomandări privind creşterea diametrului dinţilor de tasare, [mm]

Diametrul alezajului	Materialul de prelucrat			
	Alamă (bucşa presată)	Bronz (bucşă presată)	Oţel necălit	Oţel călit
10...20	0,03...0,035	0,035...0,045	0,025...0,04	0,005...0,01
20...30	0,035...0,04	0,045...0,06	0,04...0,05	0,0075...0,015
30...45	0,04...0,06	0,06...0,075	0,05...0,06	0,01...0,02
45...60	-	0,075...0,08	-	-

b. *Dornul de calibrare cu dinţi de tasare* are partea activă formată numai din dinţi de tasare (fig. 5.25) şi este folosit pentru calibrarea si durificarea suprafeţelor. Numărul dinţilor de tasare este 3...5 dinţi. Forma şi dimensiunile lor sunt aceleaşi ca în cazul broşelor de tragere (fig. 5.25). Datorită elasticităţii stratului superficial al suprafeţei prelucrate şi chiar a piesei, diametrul dintelui de tasare trebuie să fie mai mare decât dimensiunea maximă a suprafeţei de prelucrat. În tabelul 5.22, pe baza unor determinări experimentale, sunt recomandate valori privind creşterea diametrului dintelui de tasare faţă de cel al piesei. Celelalte elemente constructive corespund recomandărilor făcute mai sus.

5.6. BREVIAR PENTRU PROIECTAREA BROŞELOR

Prin tema de proiectare trebuie să se dea următoarele elemente: dimensiunile suprafeţei şi toleranţele lor; materialul piesei; modul de prelucrare a suprafeţei înainte de broşare; dimensiunile şi toleranţele lor pentru suprafaţa semifabricat; maşina de broşat pe care se va executa prelucrarea.

Pentru proiectarea unei broşe se recomandă urmărirea traseului de mai jos. Traseul urmăreşte recomandările făcute în subcapitolele precedente.

1. Se alege schema de broşare în funcţie de felul suprafeţei de prelucrat, de calitatea prelucrării şi de posibilităţile de execuţie a broşei.
2. Se stabileşte adaosul de aşchiere A_t. şi componentele sale.
3. Se proiectează partea de aşchiere:
   - a) stabilirea supraînălţării pe dinte a_z;
   - b) alegerea geometriei: unghiul de degajare γ_a şi unghiul de aşezare α_a
   - c) determinarea pasului p (dacă este cazul stabilirea variaţiei lui) şi a numărului de dinţi simultan aflaţi în aşchiere z_{sim};
   - d) stabilirea profilului dinţilor aşchietori, alegerea coeficientului de umplere k şi determinarea înălţimii dintelui h;
   - e) determinarea grosimii s a golului g, a razei de racordare r şi a unghiului η;
   - f) determinarea numărului şi profilului canalelor de fragmentare a aşchiilor (dacă este cazul);
   - g) determinarea numărului de dinţi de degroşare;
   - h) alegerea supraînălţării pe dintele de finisare şi a numărului dinţilor de finisare;
   - i) determinarea lungimii părţii de aşchiere l_{as}.
4. Se proiectează partea de calibrare pentru care se determină sau se aleg:
   - a) numărul dinţilor de calibrare;
   - b) geometria şi profilul lor: γ_c, α_c, p_c, h_c ş.a.;
   - c) determinarea lungimii părţii de calibrare.
5. Se proiectează partea de netezire (tasare), numai dacă este cazul, pentru care se vor alege sau determina:
   - a) numărul dinţilor de tasare;
   - b) geometria şi profilul lor;
   - c) lungimea părţii de tasare.
6. Stabilirea formei şi dimensiunilor cozii broşei.
7. Stabilirea dimensiunilor părţii de ghidare din spate.
8. Stabilirea dimensiunilor părţii de prindere din spate (dacă este cazul).
9. Determinarea lungimii totale L a broşei. Dacă este necesar, se va proiecta un set de broşe.
10. Alegerea materialului din care se confecţioneaza broşa şi coada ei.
11. Determinarea forţei de aşchiere F^z.
12. Verificarea la rezistenţă a broşei. Dacă nu se verifică, se reiau calculele de proiectare.
13. Stabilirea condiţiilor tehnice de execuţie: toleranţe, rugozităţi, abateri ş.a.
14. Realizarea desenului de execuţie. Pe desenul de execuţie trebuie să apară: desenul broşei; profilul dinţilor în secţiuni longitudinale şi transversale pentru dinţii aşchietori, de finisare, de calibrare şi de tasare; un tabel cu cota caracteristică a dintelui din care să rezulte supraînălţarea pe dinte; detaliu cu canalul de fragmentare a aşchiilor; condiţii tehnice de execuţie; indicaţii tehnologice; duritatea părţii active şi a cozii după tratamentul termic etc.

6

FREZE

Frezele sunt scule aşchietoare rotative prevăzute cu unul sau mai mulţi dinţi, având mişcarea principală de rotaţie, iar ca mişcare de avans o mişcare în general perpendiculară pe axa frezei.

Dinţii frezei au tăişul principal pe suprafaţa de revoluţie şi tăişul secundar pe suprafaţa frontală.

Frezele se pot clasifica după mai multe criterii, după cum urmează:

- **După felul suprafeţelor** pe care sunt dispuşi dinţii:

a) freze cilindrice, având dinţii dispuşi numai pe suprafaţa cilindrică exterioară (fig. 6.1,*a*);

b) freze disc, cu dinţii dispuşi pe suprafaţa cilindrică, şi uneori cu tăişuri şi pe una sau pe ambele suprafeţe frontale (fig. 6.1,*b*);

c) freze cilindro-frontale, având dinţii dispuşi pe suprafaţa cilindrică şi pe una din suprafeţele frontale (fig. 6.1,*c*);

d) freze frontale, cu dinţii dispuşi pe una din suprafeţele frontale ale frezei (fig. 6.1,*d*). Atât frezele cilindro-frontale cât şi cele frontale au tăişuri atât pe partea frontală, cât şi pe cea de revoluţie, dar la frezele frontale, aceste tăişuri sunt de lungime foarte mică, în comparaţie cu lungimea tăişurilor periferice de la frezele cilindro-frontale;

e) freze unghiulare, având dinţii dispuşi pe suprafeţe conice (fig. 6.1,*e*);

f) freze profilate, cu dinţii dispuşi pe suprafeţe profilate de revoluţie (fig. 6.1,*f*).

După forma dinţilor frezei se deosebesc:

a) freze cu dinţi frezaţi având directoarea feţei de aşezare rectilinie, care se ascut pe faţa de aşezare sau pe faţa de aşezare şi de degajare(fig. 6.2,*a,b*);

b) freze cu dinţi detalonaţi având directoarea feţei de aşezare spirală arhimedică (sau logaritmică), care se ascut pe faţa de degajare (fig. 6.2,*c*).

Frezele cu dinţi executaţi prin frezare prezintă unele avantaje în raport cu frezele având dinţi detalonaţi,care constau în:

- durabilitate de până la de două ori mai mare;
- execuţie mai simplă a dinţilor (cu excepţia frezelor profilate care necesită dispozitive speciale pentru frezarea şi ascuţirea dinţilor);
- rugozitate mai mică a suprafeţelor prelucrate.

Ca dezavantaje se menţionează micşorarea secţiunii canalelor pentru evacuarea aşchiilor şi a diametrului exterior prin reascuţire.

Avantajele prezentate sunt precumpănitoare, recomandându-se ca frezele cu dinţi detalonaţi să fie utilizate numai dacă este absolut necesar (de exemplu la frezele profilate).

Clasificarea elementelor frezelor se face conform STAS 577/1-1978 după

următoarele elemente:

După dantura frezelor:

a) dantură dreaptă (fig. 6.3,*a*);

b) dantura elicoidala cu elice pe dreapta sau cu elice pe stânga (fig. 6.3,*b,c*)

c) dantura în zig-zag (fig. 6.3,*d*).

După forma dinţilor frezelor:

a) dinte triunghiular (fig. 6.4,*a*);

b) dinte cu spate curb (fig. 6.4,*b*);

c) dinte cu faţeta proeminentă (fig 6.4,*c*);

d) dinte trapezoidal (fig. 6.4,*d*);

e) dinte detalonat (fig. 6.4,*e*).

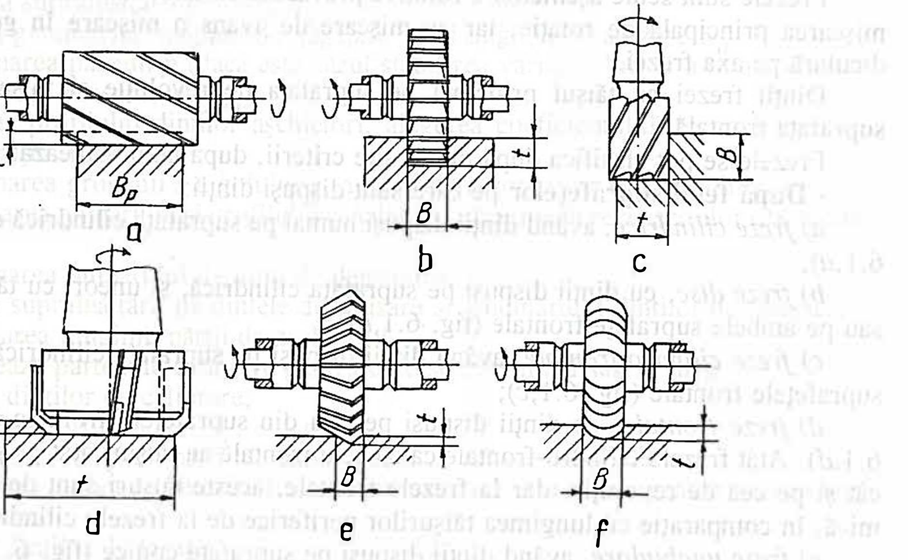


Fig. 6.1

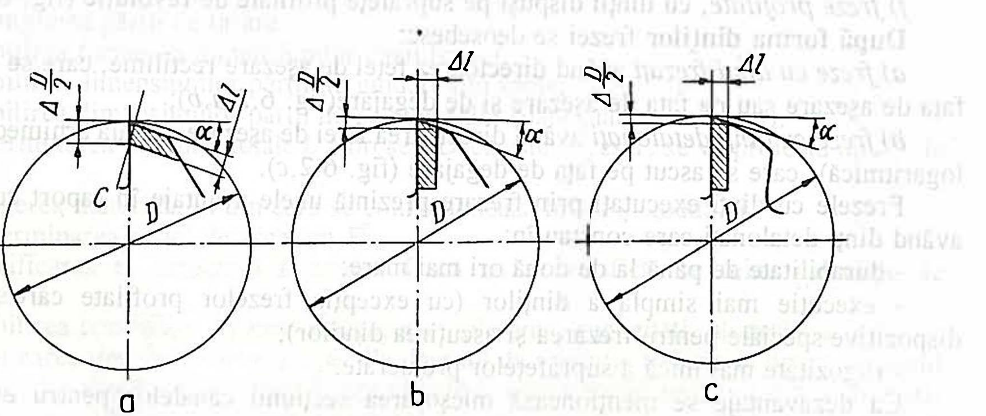


Fig. 6.2

După forma tăişurilor frezelor:
a) tăiş neted (continuu) (fig. 6.5,*a*);
b) tăiş întrerupt (fig 6.5,*b*);
c) tăiş rotund (pentru degroşare) (fig. 6.5,*d*);
După pasul danturii frezelor:
a) freze cu pas unghiular constant (fig. 6.6,*a*)
b) freze cu pas unghiular variabil (fig. 6.6,*b*)

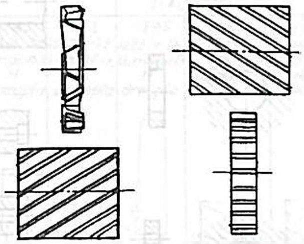


Fig. 6.3

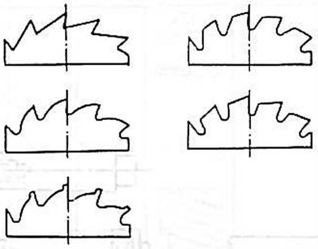


Fig. 6.4

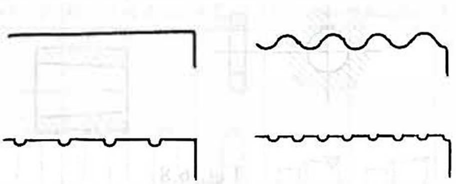


Fig. 6.5

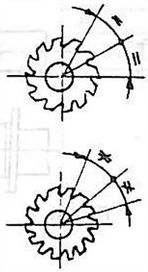


Fig. 6.6

După modul de poziţionare-fixare pe maşina-unealtă:
a) freze cu coadă:
a.1. cilindrică
a.1.1. netedă (fig. 6.7,*a*);
a.1.2. cu aplatizare (fig. 6.7,*b*);
a.1.3. filetată (fig. 6.7,*c*)
a.2. conică
a.2.1. cu con Morse, cu gaură filetată (fig. 6.7,*d*);
a.2.2. cu con Morse, cu gaură filetată şi aplatizare pentru antrenare (fig. 6.7,*e*);
a.2.3. cu con Morse, cu cap de evacuare (fig. 6.7,*f*);
a.2.4. cu con Morse, cu cap de evacuare şi locaş pentru fixare pe con (fig. 6.7,*g*);
a.2.5. cu con 7:24 (fig. 6.7,*h*);
b) freze cu alezaj:
b.1. alezaj cilindric (fig. 6.8,*a*);

b.2. alezaj cilindric şi găuri de antrenare (fig. 6.9,*b*);
b.3. alezaj cilindric cu canal de pană longitudinal (fig. 6.8,*c*);
b.4. alezaj cilindric cu canal de pană frontal (fig. 6.8,*d*);
b.5. alezaj cilindric cu canal de pană frontal şi găuri pentru montare (fig. 6.8,*e*);
b.6. alezaj cilindric filetat (fig. 6.8,*f*);
b.7. alezaj conic (fig. 6.8,*g*).

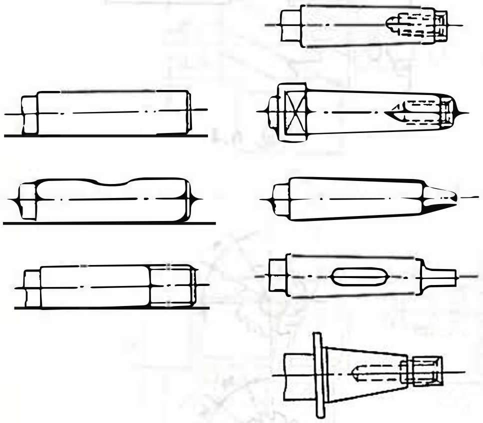


Fig. 6.7

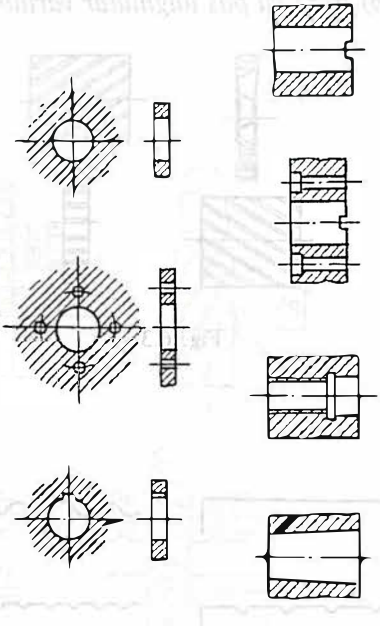


Fig. 6.8

Modul de calcul al părţilor de poziţionare-fixare a sculelor aşchietoare se prezintă pe larg în literatura de specialitate, nefiind tratat în prezenta lucrare.

Menţionăm că stabilirea dimensiunilor părţilor de poziţionare-fixare se face prin predimensionarea acestora, în general din condiţii de rezistenţă, şi mai rar constructiv, în funcţie de alte dimensiuni ale sculei.

De asemenea, odată definitivate elementele geometrice şi constructive ale sculei proiectate, este obligatorie verificarea finală la solicitările reale a acestor elemente.

In continuare, se prezintă sintetic tipurile de freze uzuale, clasificate după scopul funcţional, fără a epuiza toată gama tipurilor existente (fig. 6.9, 6.10 şi 6.11). [13, 31].

Analiza tipurilor de freze prezentate anterior relevă ca părţi componente ale oricărei freze *partea activă*, formată din dinţii frezei, *corpul acesteia*, care poartă dinţii, şi *partea de fixare* sub formă de coadă sau alezaj, care serveşte pentru fixarea frezei pe maşina-unealtă.

Partea activă a frezelor se poate realiza dintr-o bucată cu corpul (fig. 6.12,*a*), cu dinţi asamblaţi prin lipire (fig. 6.12,*b*), sau cu dinţi fixaţi mecanic (fig. 6.12,*c*).

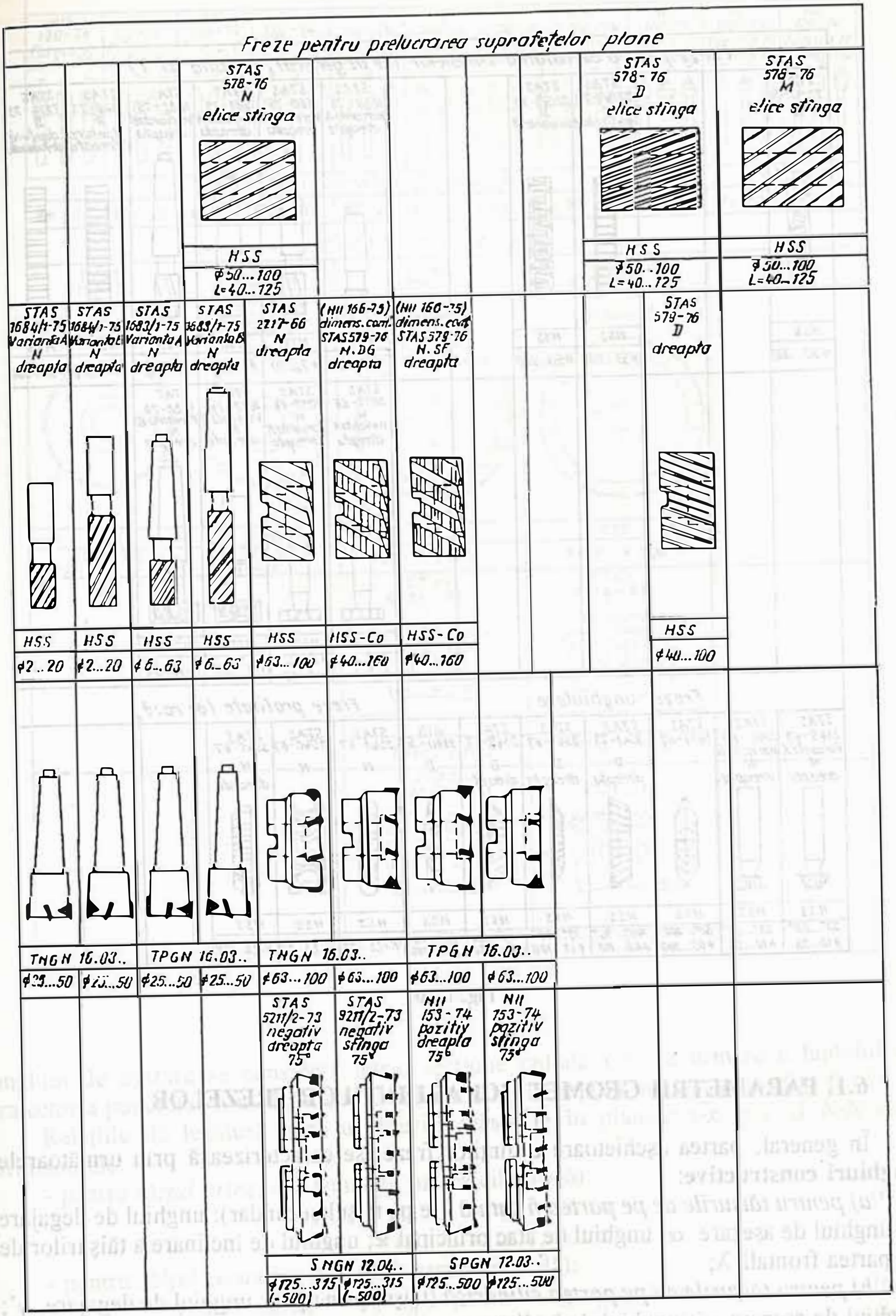

Freze pentru prelucrarea suprafeţelor plane
STAS 578-76 N elice stînga
HSS
ϕ50...100 L=40...125
STAS 578-76 D elice stînga
HSS
ϕ50..100 L=40...125
STAS 578-76 M elice stînga
HSS
ϕ50...100 L=40...125
STAS 1684/1-75 Varianta A N dreapta
STAS 1684/1-75 Varianta B N dreapta
STAS 1683/1-75 Varianta A N dreapta
STAS 1683/1-75 Varianta B N dreapta
STAS 2217-66 N dreapta
(NII 166-75) dimens. conf. STAS 579-76 N.DG dreapta
(NII 166-75) dimens. conf. STAS 579-76 N.SF dreapta
STAS 579-76 D dreapta
HSS
HSS
HSS
HSS
HSS
HSS-Co
HSS-Co
HSS
ϕ2...20
ϕ2...20
ϕ6...63
ϕ6...63
ϕ63...100
ϕ40...160
ϕ40...160
ϕ40...100
TNGN 16.03..
TPGN 16.03..
TNGN 16.03..
TPGN 16.03..
ϕ25...50
ϕ25...50
ϕ25...50
ϕ25...50
ϕ63...100
ϕ63...100
ϕ63...100
ϕ63...100
STAS 9211/2-73 negativ dreapta 75°
STAS 9211/2-73 negativ stînga 75°
NII 153-74 pozitiv dreapta 75°
NII 153-74 pozitiv stînga 75°
SNGN 12.04..
SPGN 12.03..
ϕ125...315 (-500)
ϕ125...315 (-500)
ϕ125...500
ϕ125...500

Fig. 6.9

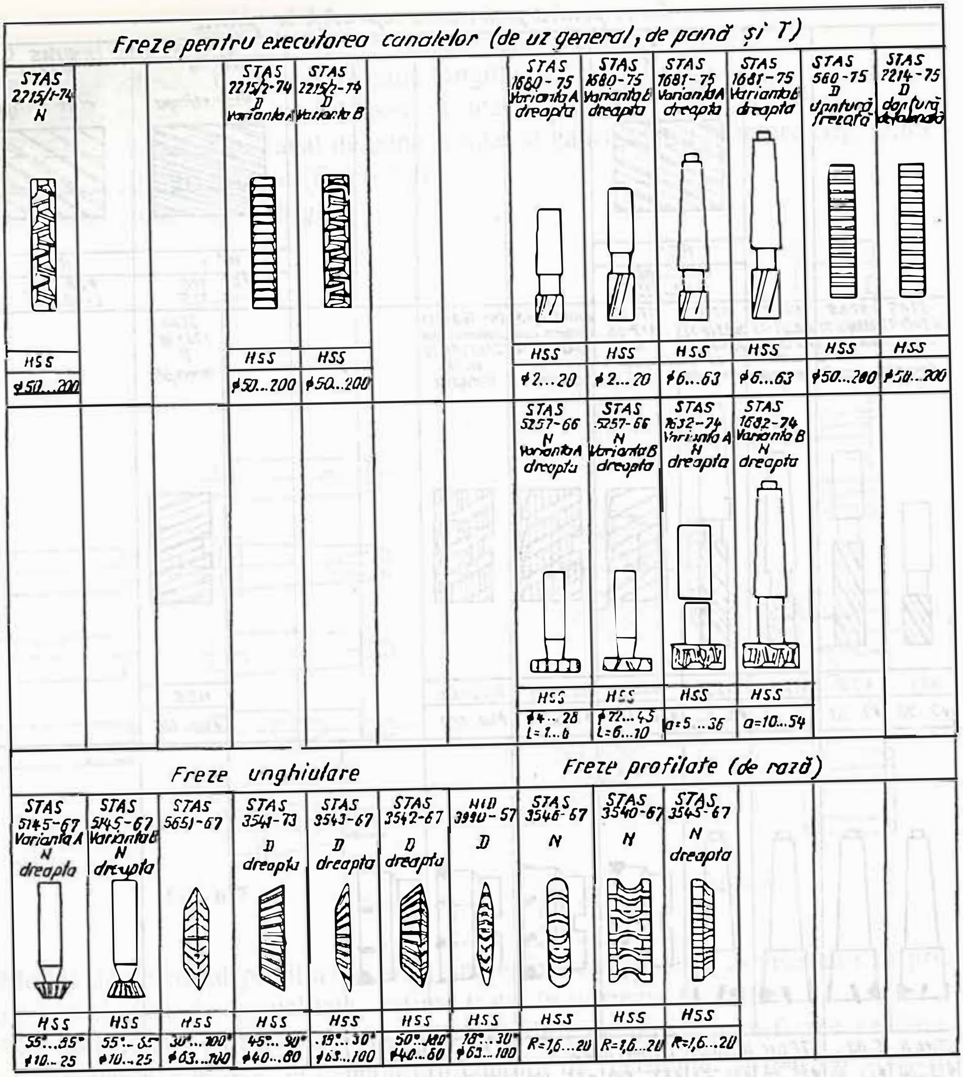


Fig. 6.10

6.1. PARAMETRII GEOMETRICI AI DINŢILOR FREZELOR

În general, partea aşchietoare a dinţilor frezei se caracterizează prin următoarele **unghiuri constructive**:

a) pentru tăişurile de pe partea frontală (de pe tăişul secundar): unghiul de degajare γ; unghiul de aşezare α; unghiul de atac principal $\varkappa$; unghiul de înclinare a tăişurilor de pe partea frontală λ;

b) pentru tăişurile de pe partea cilindrică (tăişul principal): unghiul de degajare γ'; unghiul de aşezare α'; unghiul de înclinare a tăişurilor de pe partea frontală

Unghiul de degajare se consideră într-o secţiune normală la muchia tăişului, iar

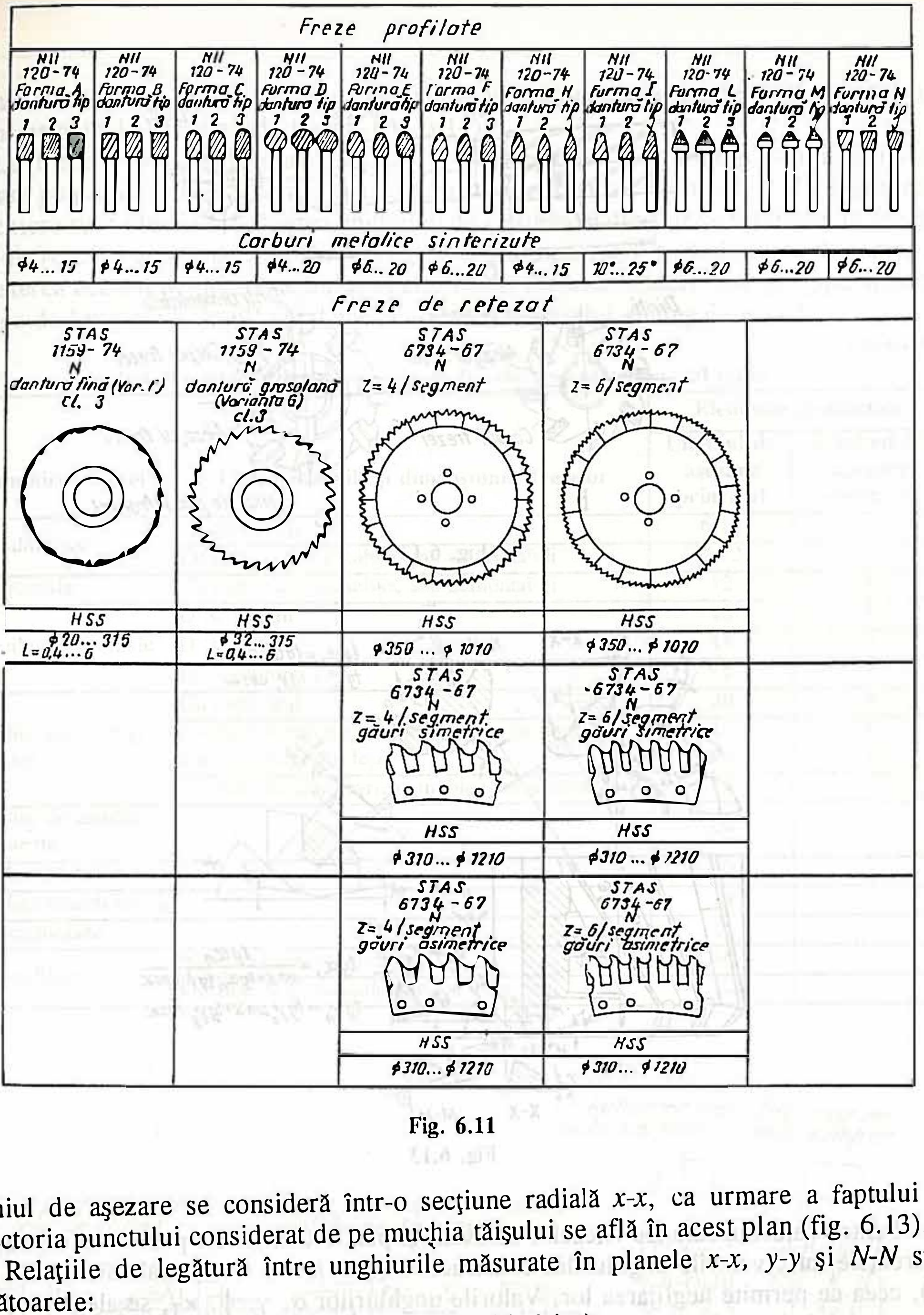


Fig. 6.11

unghiul de aşezare se consideră într-o secţiune radială *x-x*, ca urmare a faptului că traiectoria punctului considerat de pe muchia tăişului se află în acest plan (fig. 6.13).

Relaţiile de legătură între unghiurile măsurate în planele *x-x*, *y-y* şi *N-N* sunt următoarele:

- pentru *tăişul principal* (situat pe partea cilindrică):

$$tg\,\alpha' = tg\,\alpha'_x = tg\,\alpha_n \cos\omega \tag{6.1}$$

$$tg\,\gamma' = tg\,\gamma'_n = tg\,\gamma_x \cos\omega \tag{6.2}$$

- pentru *tăişul secundar* (situat pe partea frontală):

$$tg\,\alpha = tg\,\alpha_x = (tg\,\alpha_n) \,/\, (\sin\varkappa + tg\,\alpha_n\, tg\,\lambda \cos\varkappa) \tag{6.3}$$

$$tg\,\gamma = tg\,\gamma_n = tg\,\gamma_x \sin\varkappa + tg\,\gamma_y \cos\varkappa \tag{6.4}$$

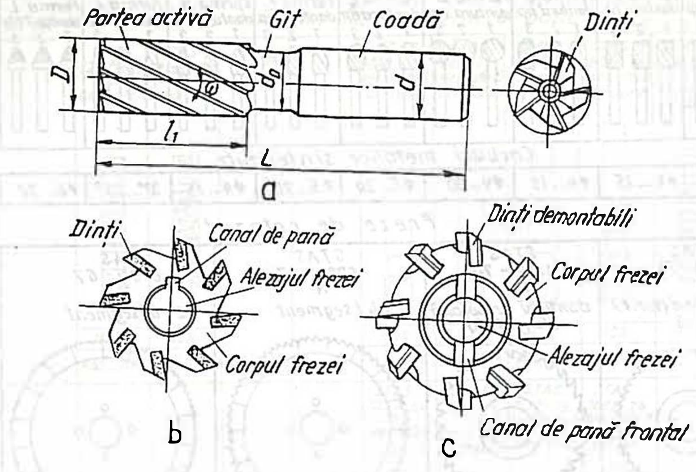


Fig. 6.12

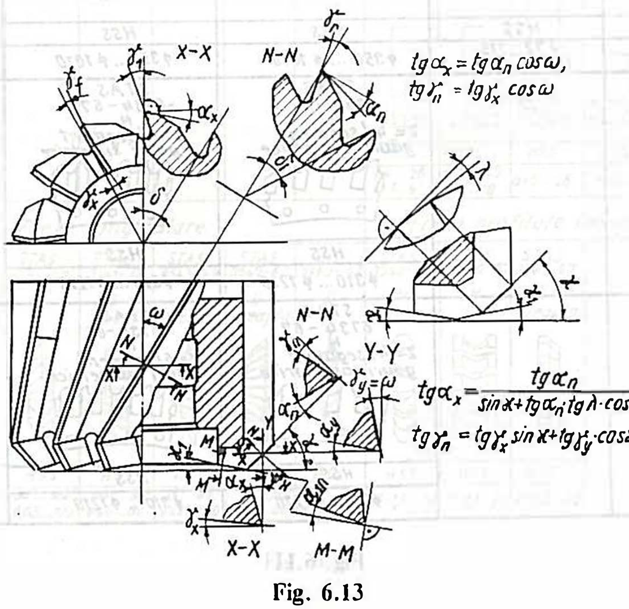


Fig. 6.13

Pentru valori uzuale ale vitezelor de avans şi pentru diametrele posibile ale frezelor, diferenţele între valorile unghiurilor constructive şi ale celor funcţionale sunt mici (sub 2°), ceea ce permite neglijarea lor. Valorile unghiurilor α, γ, ϕ, $\varkappa_1$, se aleg în funcţie de materialul de prelucrat, de tipul frezei, de numărul de dinţi şi de materialul părţii active a frezei. Unele recomandări se dau în tabelele 6.1, 6.2, 6.3, 6.4, pentru frezele din oţel rapid şi în tabelul 6.5 pentru frezele armate cu plăcuţe din carburi metalice. Sensul de înclinare al dinţilor poate fi pe dreapta sau pe stânga, iar alegerea lui corectă are în vedere sensul de rotaţie al frezei, privită dinspre coadă sau dinspre capătul de fixare. Existenţa unghiului de înclinare diferit de zero determină apariţia componentei axiale a forţei de aşchiere, a cărei valoare variază în acelaşi sens cu unghiul ω. Se

recomandă alegerea unui sens al elicei care să determine forţe axiale îndreptate înspre lagărul principal al maşinii de frezat. (fig.6.14).

La frezele cilindro-frontale unghiul ω se determină din condiţia ca unghiul de degajare pe partea frontală să fie pozitiv, ceea ce se realizează dacă sensul elicei şi sensul de aşchiere sunt identice. Valoarea unghiului de înclinare a dinţilor se stabileşte în funcţie de tipul frezei şi de numărul de dinţi (dinţi deşi sau dinţi rari), ţinând seama de faptul că la creşterea acestui unghi creşte durabilitatea frezei datorită scăderii energiei specifice pe unitatea de lungime a tăişului şi datorită creşterii unghiului de degajare real.

Tabelul 6.1

Valorile unghiurilor de aşezare ale frezelor executate din oţel rapid

Denumirea frezei	Caracteristicile şi dimensiunile frezelor	Elemente geometrice	
		Unghiul de aşezare principal	Unghiul de aşezare secundar
Freze cilindrice	Cu dinţi deşi	6-16	-
	Cu dinţi rari, monobloc sau demontabili	4-12	-
Freze frontale	Cu dinţi rari, monobloc sau demontabili	12	8
Freze cilindro-frontale	D < 10mm	18	8
	D < 20mm	14	8
	D > 20mm	12	8
Freze disc cu două şi trei tăişuri	Cu dinţi deşi	20	6
	Cu dinţi drepţi rari, monobloc sau demontabili.	16	6
	Cu dinţi înclinaţi deşi	16	6
	Cu dinţi înclinaţi rari, monobloc sau demontabili	12	-
Freze disc de canelat, nedetalonate	-	20	-
Freze disc pentru retezat	-	20	-
Freze disc pentru canale	-	24	-
Freze unghiulare	-	16	-
Freze profilate	Nedetalonate, cu dinţi deşi	16	-
	Detalonate şi nedetalonate, cu dinţi rari	12	-

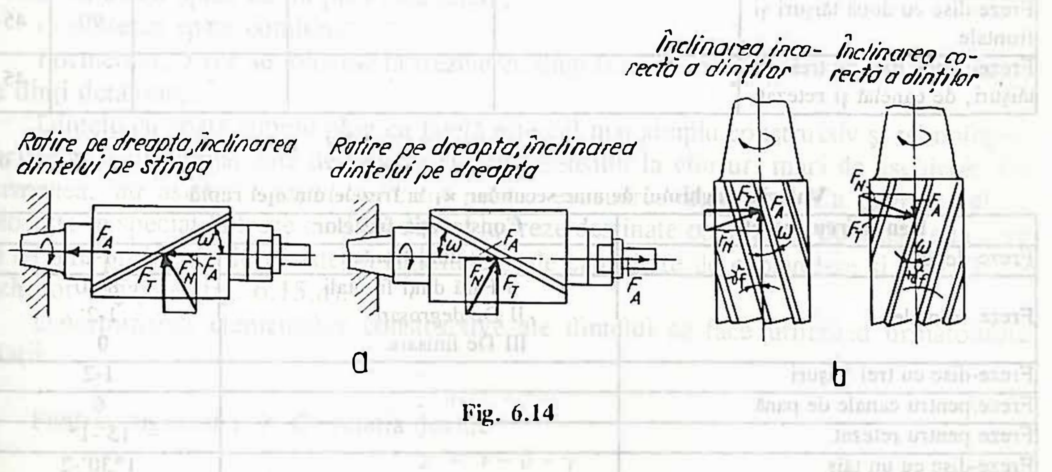


Fig. 6.14

Tabelul 6.2

Valorile unghiului de degajare al frezelor executate din otel rapid

Materialul de prelucrat	Freze cilindrice, cilindro-frontale, disc cu două şi cu trei tăişuri	Freze disc cu un tăiş şi freze pentru canelat				Freze profilate şi unghiulare	
		Cu dinţi deşi		Cu dinţi rari		Pentru degroşare	Pentru finisare
		B<3	B>3	B<3	B>3		
	Unghiul de degajare, grade						
Aluminiu, aliaje de magneziu	20-28	-	-	10-15	20-25	25-30	10-15
Oţeluri carbon şi aliate, σ_r =60 daN/mm^2. Alamă maleabilă	12-22	6-8	8-12	-	-	12-16	8-12
Oţel turnat carbon de scule, oţel aliat, cu σ_r=60...100 daN/mm^2 Fontă cenuşie şi maleabilă cu HB<180	8-16	5-7	7-11	-	-	-	5-8
Oţel turnat, oţel carbon şi aliat de scule cu σ_r=60...100 daN/mm^2 Fontă cenuşie şi maleabilă cu HB>180 Bronz, alamă fragilă	6-12	4-6	6-10	-	-	-	4-6

Tabelul 6.3

Valorile unghiurilor de atac principal $\varkappa$ şi de atac al tăişului de trecere $\varkappa_0$ la frezele din oţel rapid

Denumirea frezelor	Condiţii de lucru	Adâncimea stratului aşchiat, *mm*	Caracterul producţiei	$\varkappa$	$\varkappa_0$
Freze frontale D=<150mm	Prelucrarea se face la maşini rigide	3-5	Serie mare şi în masă	30	-
Freze frontale D>150mm	Idem	5	Idem	45	25
Freze disc cu două taişuri D=<90mm	Idem	2	Idem	45	25
Freze disc cu două tăişuri D>90mm	Idem	2-5	Idem	60	30
Freze-disc cu două tăişuri şi frontale	Prelucrarea a două suprafeţe perpendiculare	≥6	Serie mică şi mijlocie	60	30
Freze-disc cu două tăişuri şi frontale		-	-	90	45
Freze-deget, disc cu trei tăişuri, de canelat şi retezat		-	-	-	45

Tabelul 6.4

Valorile unghiului de atac secundar $\varkappa_1$ la frezele din oţel rapid

Denumirea frezelor	Construcţia frezelor	$\varkappa_1$
Freze-deget	Cu dinţi frontali	1-2
Freze frontale	I Fără dinţi frontali	8-10
	II De degroşare	1-2
	III De finisare	0
Freze-disc cu trei tăişuri	-	1-2
Freze pentru canale de pană	-	6
Freze pentru retezat	-	15'-1°
Freze-disc cu un tăiş	-	1°30'-2

Tabelul 6.5

Valorile parametrilor geometrici ai frezelor cu plăcuţe din carburi metalice

Materialul de prelucrat	Geometria danturii frezei			
	Unghiul de degajare $\gamma°$	Unghiul de aşezare $\alpha°$	Unghiul de inclinare al tăişului $\lambda°$	Unghiul de atac principal $\varkappa°$
$\sigma_r < 80$ daN/mm^2	5-10	15	10-15	45-60
Oţel cu σ_r=80...120 daN/mm^2	0	15-20	10-15	45-60
$\sigma_r > 120$ daN/mm^2	-5...-10	15-20	10-15	60
Fontă şi oţeluri austenitice	5-10	10-15	10-15	60
Aliaje neferoase	10-15	15-20	10-15	60
Pentru freze disc	-	-	-5...-10	-

Se recomandă următoarele valori pentru ω:
- pentru frezele cilindrice cu dinţi deşi $\omega = 25° ... 35°$;
- pentru frezele cilindrice cu dinţi rari $\omega = 30°... 60°$;
- pentru freze disc cu două sau trei tăişuri $\omega = 15°.. 25°$.

La frezele cilindro-frontale valoarea maximă admisă pentru acest unghi este $\omega = 25° ... 30°$.

6.2. FORMA DINŢILOR

Dinţii raţional proiectaţi trebuie să asigure stabilitate mecanică şi termică ridicată, canale spaţioase pentru evacuarea uşoară a aşchiilor, execuţie uşoară, număr mare de reascuţiri etc.

Forma ideală a spatelui dintelui din punctul de vedere al rezistenţei mecanice este cea cu profilul de parabolă.

Se întâlnesc următoarele profile de dinţi şi canale pentru aşchii: (fig.6.15), [31].

a- dinte cu spate simplu plan cu faţetă;
b- dinte cu spate dublu plan cu faţetă;
c- dinte cu spate curbiliniu cu faţetă proeminentă;
d- dinte cu spate dublu plan fără faţetă;
e- dinte cu spate combinat.

Formele *a, b* şi *c* se folosesc la frezele cu dinţi frezaţi, iar ultimele (*d* şi *e*) la frezele cu dinţi detalonaţi.

Dintele cu spate simplu plan cu faţetă este cel mai simplu constructiv şi tehnologic, dar permite un număr mic de reascuţiri, fiind sensibil la eforturi mari de aşchiere. De asemenea, nu asigură spaţiul suficient pentru evacuarea aşchiilor. Ca urmare, el se foloseşte în special la freze cu dinţi deşi şi la freze destinate operaţiilor de finisare la care nu se pun probleme de rezistenţă-rigiditate şi de capacitate de cuprindere şi evacuare a aşchiilor degajate (fig. 6.15,*a*).

Determinarea elementelor constructive ale dintelui se face utilizând următoarele relaţii:

$$\eta = \nu - \delta \tag{6.5}$$

Pentru unghiuri $\gamma > 0°$ relaţia devine

$$\eta = \nu - \delta - \gamma \tag{6.6}$$

în care: δ este pasul unghiular

$$\delta = 360° / Z \quad (6.7)$$

Unghiul penei η are valori de 45° ... 50°, iar unghiul ν are valori din 5° în 5° între 50° şi 110°.

Dacă dinţii frezei sunt elicoidali, unghiul ν se determină cu aceleaşi relaţii, dar calculul se face într-un plan perpendicular pe muchia de aşchiere

$$\nu = \eta + \delta_e \quad (6.8)$$

δ_e reprezintă pasul unghiular, corespunzător unui număr de dinţi Z_i (Z echivalent) pe care l-ar avea freza dacă raza ei ar fi egală cu raza de curbură a elipsei obţinută prin intersecţia cilindrului înfăşurător al frezei cu un plan perpendicular pe muchia de aşchiere, deci înclinat cu unghiul ω al canalelor elicoidale:

$$Z_i = Z / (\cos^3 \omega) \quad (6.9)$$

$$\delta_e = 360°/Z_i = (360° / Z) \cos^3 \omega \quad (6.10)$$

Înălţimea h a dintelui se determină cu formula:

$$h = (0{,}5...0{,}6)\, p_n \quad (6.11)$$

în care p_n este pasul într-o secţiune normală pe tăiş.

Raza fundului canalului r are valori uzuale în domeniul 0,8...2 mm.

Faţeta cilindrică f_{cil} are valori optime în domeniul 0,05...0,1 mm, iar faţeta de aşezare are valori f_1 =0,8...2 mm.

Dintele cu spate dublu plan cu faţetă prezintă o rezistenţă mecanică sporită şi un număr de reascuţiri posibile mai mare. Această formă se utilizează în principal la degroşare şi semifinisare. Pentru asigurarea înglobării aşchiilor detaşate, pasul dinţilor trebuie să fie relativ mare, rezultând un număr de dinţi relativ mic în comparaţie cu frezele având forma dinţilor cu spate simplu plan cu faţete (fig. 6.15,*b*).

Relaţiile pentru determinarea elementelor constructive ale acestor dinţi sunt prezentate în continuare:

$$h = (0{,}3...0{,}4)\, p_n \quad (6.12)$$

$$\nu = (45° \;\; 60°) \quad (6.13)$$

$$\nu_1 = (80° \;\; 100°) \quad (6.14)$$

$$f_1 = 1...2 \text{ mm} \quad (6.15)$$

$$f_{cil} = 0{,}05...0{,}1 \text{ mm} \quad (6.16)$$

$$r = 2...3 \text{ mm} \quad (6.17)$$

Dintele cu spate curbiliniu (parabolic sau circular) cu faţeta proeminentă (fig. 6.15,*c*) prezintă rezistenţă mecanică şi rigiditate superioare precum şi un număr mare de reascuţiri posibile, fiind din aceste motive extins la construcţia frezelor cu dinţii rari (cilindrice, cilindro-frontale etc.). Spatele dintelui se execută prin frezare, cu freze profilate parabolic sau sub formă de arc de cerc de raza $R = (0{,}3...0{,}45)\, D$.

Elementele constructive se determină cu relaţiile:

$$h = (0{,}3...0{,}4)\, p_n \quad (6.18)$$

$$f_1 = 1...3 \text{ mm} \quad (6.19)$$

$$r = 2...3 \text{ mm} \quad (6.20)$$

Dintele cu spate dublu plan fără faţetă şi dintele cu spate combinat (fig. 6.15,*d, e*) sunt caracteristici frezelor detalonate. La prima formă (fig. 6.15,*d*) detalonarea feţei de aşezare se efectuează după o linie dreaptă, iar la a doua formă, detalonarea se efectuează după spirala arhimedică. Unghiul ν ia valori între 25°... 60°, iar celelalte elemente constructive se calculează cu relaţiile utilizate la determinarea elementelor constructive ale dintelui dublu plan cu faţetă.

6.3. ELEMENTE CONSTRUCTIVE ALE FREZELOR

a. Diametrul exterior. Un diametru exterior al frezei corect ales trebuie să asigure:

- economie de material pentru executarea sculei;
- productivitate maximă a prelucrării cu freza;
- durabilitate ridicată;
- rezistenţă mecanică a frezei;
- consum minim de energie;
- stabilitate şi uniformitate în timpul frezării;
- calitate corespunzătoare a suprafeţei prelucrate.

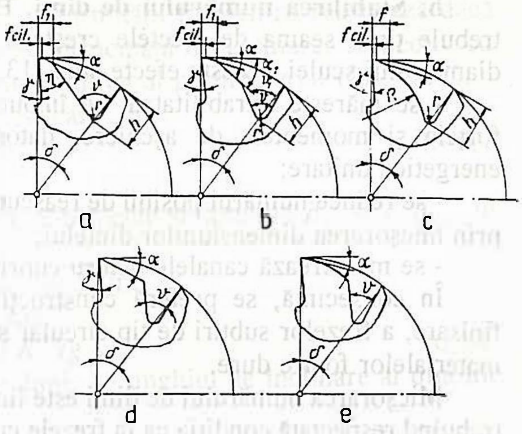


Fig. 6.15

În general aceste cerinţe nu pot fi satisfăcute simultan, determinarea finală a diametrului fiind rezultatul unui compromis.

Dacă nu se cunoaşte adâncimea de aşchiere, diametrul frezelor se determină cu relaţia:

$$D = d + 2m_0 + 2h \text{ [mm]} \tag{6.21}$$

în care: d este diametrul alezajului frezei, în mm; m_0 - grosimea corpului frezei, în mm ($m_0 \approx 0,4\ d$ [mm]); h - înălţimea dintelui frezei, în mm.

Diametrul d al dornului se estimează considerând doar solicitarea de încovoiere, urmând a fi verificat la solicitarea compusă de încovoiere şi torsiune:

$$d = [(10 / \sigma_{ai})\ (3/16)\ l\ F_z]^{1/3} \text{ [mm]} \tag{6.22}$$

în care: σ_{ai} este rezistenţa admisibilă la încovoiere în daN/mm²;

F_z - forţa principală de aşchiere calculată pentru regimul cel mai solicitant estimat, în daN;

l - lungimea dornului între reazeme, în mm; în general această valoare se alege de către proiectant, ţinând seama şi de maşina de frezat utilizată.

Înălţimea h a dintelui se calculează cu relaţiile prezentate anterior.

În general rezultă

$$D = (2,5...3)\ d \tag{6.23}$$

Dacă adâncimea de aşchiere poate fi estimată pentru determinarea diametrului frezei se poate folosi relaţia

$$D = (10...20)\ t_{max} \text{ [mm]} \tag{6.24}$$

în care: t_{max} reprezintă adâncimea maximă de aşchiere, în mm.

Coeficientul lui t_{max} ia valorile mici pentru lăţimi de aşchiere mici.

Pentru frezele frontale diametrul exterior se stabileşte în funcţie de necesităţi, de obicei egal cu adâncimea de aşchiere, pentru a se obţine productivitate maximă.

Diametrul exterior al frezelor cu coadă se stabileşte în funcţie de solicitare, sau se impune de către destinaţia frezei.

b. Stabilirea numărului de dinţi. Pentru stabilirea numărului de dinţi ai frezelor trebuie ţinut seama de efectele creşterii acestuia în condiţiile menţinerii constante a diametrului sculei. Aceste efecte sunt [13, 31]:

- se măreşte durabilitatea; se îmbunătăţeşte calitatea suprefeţei prelucrate; cresc forţele şi momentele de aşchiere, datorită micşorării grosimii aşchiei şi încărcării energetice unitare;
- se reduce numărul posibil de reascuţiri şi se micşorează durabilitatea totală a sculei prin micşorarea dimensiunilor dintelui;
- se micşorează canalele pentru cuprinderea şi evacuarea aşchiilor.

În consecinţă, se preferă construcţiile cu dinţi rari cu excepţia frezelor pentru finisare, a frezelor subţiri de tip circular sau fierăstrău şi a frezelor destinate prelucrării materialelor foarte dure.

Micşorarea numărului de dinţi este limitată de intensificarea neuniformităţii frezării, trebuind respectată condiţia ca la frezele cu dinţi drepţi pe arcul de contact să fie simultan în aşchiere cel puţin doi dinţi, adică:

$$\xi = \varphi / \delta \geq 2 \tag{6.25}$$

în care: φ este unghiul de contact, în grade; δ- pasul unghiular al dinţilor frezei, în grade

$$(\delta = 360° / Z) \tag{6.26}$$

Ca urmare se poate scrie:

$$Z_{min} = 360\ (\xi/\varphi) \tag{6.27}$$

Unghiul de contact φ se determină cu relaţiile

$$\varphi = 2\ (t/D)^{1/2}\ \text{[rad]} \tag{6.28}$$

pentru frezarea cilindrică cu freze cu dinţi drepţi, şi

$$\varphi = 2\ arcsin\ (t_l/D)\ \text{[rad]} \tag{6.29}$$

pentru frezarea frontală (fig. 6.16).

În aceste relaţii, t este adâncimea de aşchiere, în cazul frezării cu freză cilindrică, iar t_l este adâncimea de aşchiere în cazul frezării cu freză frontală.

Practic, relaţia utilizată pentru determinarea numărului de dinţi este:

$$Z = m\sqrt{D} \tag{6.30}$$

în care m are valorile

m = 1,2...1,4 pentru freze cu dinţi rari, cu unghiul $\omega < 3°$;
m = 1,8...2 pentru freze cu dinţi deşi, cu ω = 15° ... 20°;
m = 1 pentru freze cu dinţi rari, asamblate, cu ω = 20° ... 25°;
m = 0,8 pentru freze cu dinţi rari, asamblate şi ω = 30° ... 45°;
m = 0,7 pentru freze cu dinţi rari, asamblate şi ω = 55° ... 60°.

Pentru freze cilindrice cu coadă, freze disc şi freze pentru canelat se utilizează formula:

$$Z = (0,2\ D)/(t_{max}^{0,5}\ s_{max}^{0,5}) \tag{6.31}$$

Pentru freze frontale cu cuţite demontabile se utilizează formula:

$$Z = (D/25,4) \mp 2 \tag{6.32}$$

în care semnul "plus" se ia pentru frezele de finisare, iar semnul "minus" se ia pentru frezele de degroşare.

c. Lăţimea frezelor. În general, lăţimea frezelor se stabileşte în funcţie de tipul acestora, pe baza solicitărilor mecanice. În unele cazuri, determinarea lăţimii se face în

funcţie de necesităţi, urmărind asigurarea unei prelucrări cât mai uniforme [13; 31].

Pentru frezele cu dinţi elicoidali realizarea uniformităţii frezării se realizează dacă pasul axial al dinţilor p_{ax} este egal cu adâncimea principală de aşchiere, respectiv cu lăţimea de frezare B_p, sau dacă B_p este un multiplu întreg al pasului axial (fig. 6.17).

Lăţimea minimă a frezelor B_S rezultă în acest caz:

$$B_S > K\,p_{ax} \tag{6.33}$$

în care: $K \approx 2 \ldots 3$.

În plus, pentru uniformitate este necesar să se respecte şi condiţia $B_p = K\,p_{ax}$, în care K ia aceleaşi valori ca mai sus.

Deoarece $p_{ax} = p_f\, ctg\,\omega = (\pi\, D/Z)\, ctg\,\omega$, se obţine

$$B_S > B_p \text{ sau}$$

$$B_S > (\pi\, D/Z)\, K\, ctg\,\omega \tag{6.34}$$

în care D este diametrul frezei, Z - numărul de dinţi, ω- unghiul de înclinare al dinţilor elicoidali.

Această relaţie se poate folosi şi pentru determinarea numărului de dinţi sau a diametrului minim în ipoteza unei aşchieri uniforme, dacă B_S este determinat sau ales anterior.

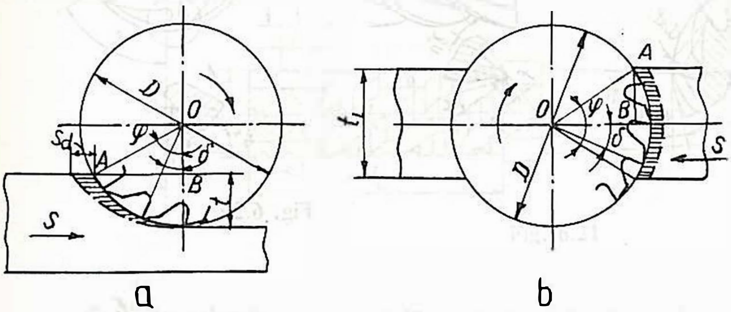


Fig. 6.16

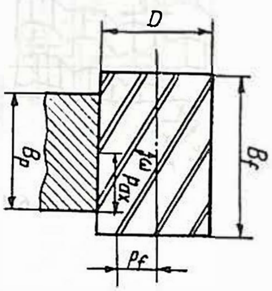


Fig. 6.17

6.4. FREZE CILINDRICE

Frezele cilindrice se execută într-o gamă largă de tipo-dimensiuni.

După modul de fixare, frezele cilindrice pot fi cu coadă sau cu alezaj. După modul de construcţie, frezele cilindrice pot fi monobloc, cu dinţi aplicaţi prin lipire sau cu dinţi montaţi mecanic. Montarea mecanică a dinţilor se poate realiza prin împănare sau cu bride, pene şi şuruburi. Frezele asamblate din ultima categorie necesită o tehnologie se execuţie mai dificilă, dar prezintă avantajul reutilizării de un număr mare de ori a corpului, ceea ce justifică extinderea lor în practică.

Tăişurile acestor freze cilindrice pot fi din oţel rapid, din carburi metalice, şi mai rar din oxizi sinterizaţi (materiale mineralo-ceramice).

În general, frezele cilindrice se execută cu dinţi elicoidali, construcţiile cu dinţi drepţi fiind din ce în ce mai rare.

Frezele cu dinţi rari, pentru degroşare se construiesc cu unghiuri ω între 30° şi 60°,

iar tăişurile sunt prevăzute cu fragmentatori de aşchii dispuşi pe elice astfel încât între părţile active ale dinţilor să rezulte suprapunerea de lăţime $f = 1...2$ mm (fig. 6.18) necesară pentru asigurarea unor suprafeţe plane continue.

Lăţimea activă a dinţilor, b, este cuprinsă de regulă între 3...6 mm, iar dinţii sunt decalaţi pe direcţie axială cu mărimea $X = b-f$. Ca urmare, pasul elicei canalelor de fragmentare p se calculează cu relaţia

$$p = X\,Z \qquad (6.36)$$

Adâncimea h_0 a canalelor pentru fragmentare trebuie să depăşească grosimea aşchiei, şi în general are valori între 0,5 şi 3 mm.

Valorile unghiurilor de aşezare şi de degajare se aleg conform tabelelor 6.1, 6.2, 6.5, folosind şi precizările din tabelul 6.6.

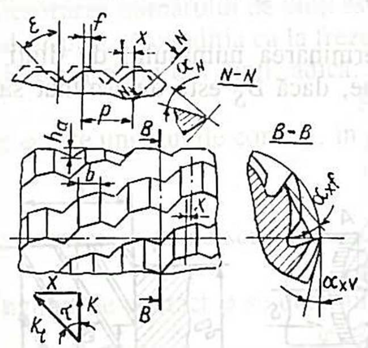


Fig. 6.18

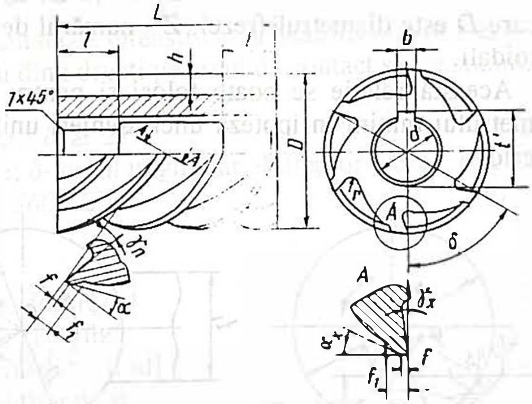


Fig. 6.20

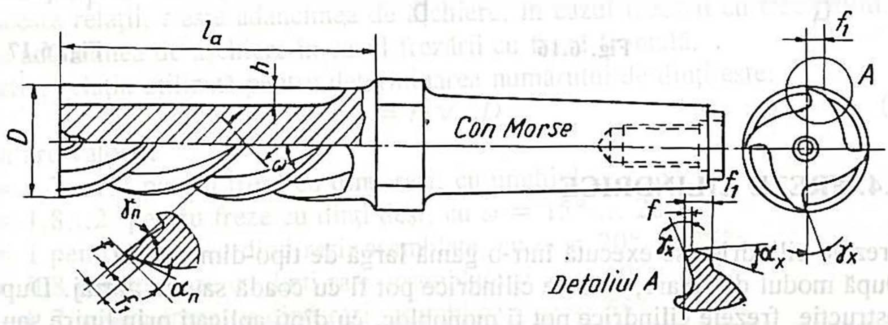


Fig. 6.19

Numărul de dinţi depinde de unghiul de înclinare a tăişurilor şi se calculează cu relaţia (6.30) sau (6.31).

Frezele cilindrice se execută cu coadă pentru diametre sub 60 mm (fig. 6.19) şi cu alezaj pentru diametre peste 50 mm (fig. 6.20). În figura 6.21 se prezintă o freză cilindrică cu coadă, cu canale pentru fragmentarea aşchilor, cunoscute şi sub denumirea "freză ştiulete de porumb".

Tabelul 6.6

Valori orientative pentru unghiurile de aşezare şi de degajare ale frezelor cilindrice

Materialul de prelucrat	Unghiul în grade	
	de aşezare	de degajare
Oţel cu σ_r = 60 daN/mm^2	5-8	12-20
Oţel cu σ_r = 60...80 daN/mm^2	4-6	12-16
Oţel cu σ_r = 110 daN/mm^2	4-5	6-10
Oţel cu σ_r = 130 daN/mm^2	3-5	4-6
Oţel turnat cu σ_r < 50daN/mm^2	5-6	12-14
Oţel turnat cu σ_r > 50daN/mm^2	3-5	6-10
Oţel rapid şi de scule	4	4-10
Fontă HB < 180	6	10-14
Fontă HB > 180	3-5	4-6
Fontă maleabilă	6	12
Cupru	5-7	12-18
Bronzuri şi alame (dure)	4-6	0-5
Bronzuri şi alame (moi)	5-8	8-15
Aliaje uşoare	8-12	15-30

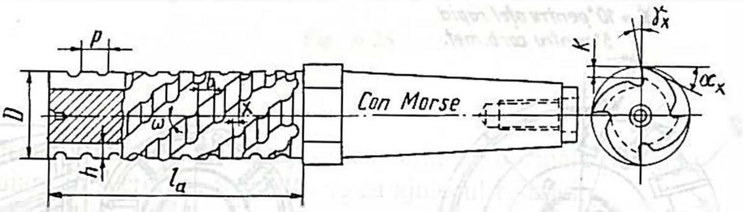


Fig. 6.21

Frezele cilindrice se construiesc cu dinţi cu spate curb obţinuţi prin frezare sau detalonare, şi cu dinţi cu spatele dublu plan cu faţetă.

La frezele având dinţii cu spatele curbi obţinuţi prin frezare sau detalonare, realizarea canalalor pentru fragmentarea aşchiilor trebuie să asigure obţinerea unghiurilor de aşezare adecvate, în condiţile dispunerii radiale a acestor canale. Pentru aceasta, detalonarea se face după o direcţie înclinată cu unghiul τ, dat de relaţia:

$$tg\ \tau = X/K = X\,Z\,/\,(\pi\,D\,tg\,\alpha) \qquad (6.37)$$

în care: X este deplasarea axială de la dinte la dinte; K - detalonarea radială impusă dintelui aşchietor.

Valoarea K_t a detalonării după direcţia τ se determină cu relaţia:

$$K_t = K\,/\,cos\ \tau = (\pi\,D\,tg\,\alpha)\,/\,(Z\,cos\ \tau) \qquad (6.38)$$

Lăţimea frezei L se determină cu relaţia (6.35) sau în funcţie de piesa de prelucrat, dar în general nu depaşeşte valoarea de 150 mm.

Pentru prelucrarea suprafeţelor cu lăţimea peste 150 mm se utilizează freze cilindrice compuse sau cuplate (fig. 6.22) având sensul elicei diferit în vederea compensării forţelor F_x care apar în lungul axei lor de rotaţie. Pentru a se preveni apariţia urmelor lăsate de locul de îmbinare pe suprafaţa prelucrată frezele trebuie să se întrepătrundă.

Întrepătrunderea se realizează prin frezarea pe una din suprafeţele frontale ale frezelor a unor caneluri (3...4) având adâncimea t = 3...7 mm.

Proiectarea celorlalte elemente ale acestui tip de freză se face în acelaşi mod ca pentru frezele cilindrice simple.

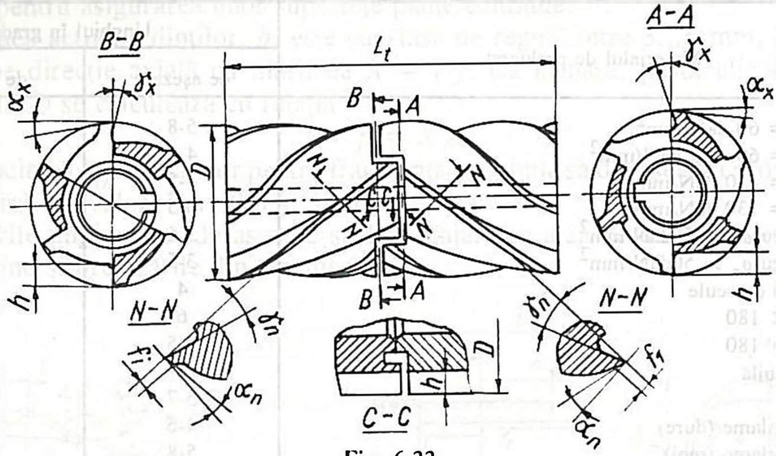


Fig. 6.22

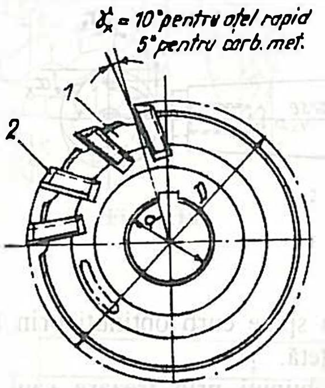


Fig. 6.23

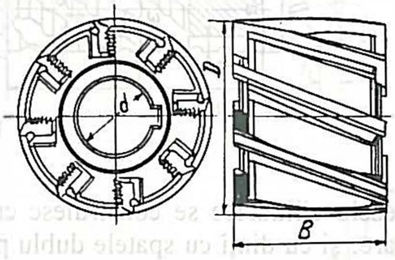


Fig. 6.24

Pentru frezele cilindrice cu diametrul mai mare de 70 mm se practică asamblarea mecanică a dinţilor demontabili cu ajutorul penelor (fig. 6.23 şi 6.24).

Construcţia respectivă prezintă avantajul simplităţii şi al unei rigidităţi bune în comparaţie cu alte procedee de asamblare (cu bride, cu şuruburi etc.).

În cazul frezelor cilindrice, calculul dimensiunilor dinţilor prevăzuţi cu zimţi, al locaşurilor şi al penelor de fixare decurge după cum urmează [14]:

1. Se începe prin determinarea pe cale grafică prin construcţii de probă a deplasării faţă de axă a dintelui în plan orizontal A şi în plan vertical m, precum şi a unghiului de înclinare a fundului şanţului (se urmăreşte prin încercări ca dimensiunile a_1 şi a_2 (din fig. 6.25) să fie egale.

Lungimea sculei B, diametrul exterior D şi unghiul ω sunt stabilite de la calculul de proiectare al sculei descris anterior. Unghiul ω de înclinare a dinţilor pe diametrul exterior are valori de 45° pentru frezele de degroşare şi 20° pentru frezele de finisare.

$$q = q_1 + q_2 - s, \qquad (6.49)$$

în care: q_1 este grosimea penei, în mm; q_2 - grosimea dintelui, în mm; s - strângerea necesară la baterea penei; (se alege de 0.2 mm pentru dinţi mai lungi şi 0.3 ... 0.4 mm pentru dinţii de lungime medie sau scurţi).

Lungimea penei L_1 se determină cu formula:

$$L_1 = (B_1/cos\ \omega) - q_1\ tg\ \omega, \qquad (6.50)$$

în care: B_1 este lăţimea corpului sculei, în mm; iar

$$B_1 = B - 10 \text{ mm},$$

B fiind lăţimea frezei, în mm.

Lungimea L_1 obţinută din calcul se micşorează cu 2...3 mm.

Grosimea maximă a penei (fig. 6.26) se determină din relaţia:

$$q_2 = L_1\ tg\ 3° + q_1 \qquad (6.52)$$

Tabelul 6.7

Elemente constructive ale frezelor cilindrice cu dinţi în formă de pană şi ω=45°

D [mm]	B [mm]	B_f [mm]	d [mm]	Z	D [mm]	B [mm]	B_f [mm]	d [mm]	Z
75	75 112,5 150	37,5	27	6	130	200 250 300	50	50	8
90	75 112,5 150 187,5	37,5	32	8	150	150 200 250 300	50	60	10
110	100 150 200 250	50	40	8	175	150 200 250 300	50	60	10
130	100 150	50	50	8	200	200 250 300	50	60	12

Tabelul 6.8

Elementele frezelor cilindrice asamblate, cu dinţii prevăzuţi cu zimţi (ω = 20°)

D [mm]	B [mm]	d [mm]	Z	D [mm]	B [mm]	d [mm]	Z
75	60 75	27	8	130	60 75 100	50	10
90	60 75 100	32	8	130	125 150	50	8
110	60 75 100	40	10	150	60 75 100	60	12
110	125	40	8	150	125 150	60	10

Pentru orientare, în tabelele 6.7 si 6.8 se prezintă elementele frezelor cilindrice cu dinţi prevăzuţi cu zimţi având $\omega = 45°$ şi $\omega = 20°$.

Frezele cilindrice cu tăişuri din carburi metalice lipite sau fixate mecanic asigură prelucrarea cu productivităţi superioare a materialelor greu aşchiabile.

Elementele geometrice se aleg conform indicaţiilor din tabelul 6.5, iar determinarea elementelor constructive (d, D, ω, Z) se face ca la frezele cilindrice din oţel rapid.

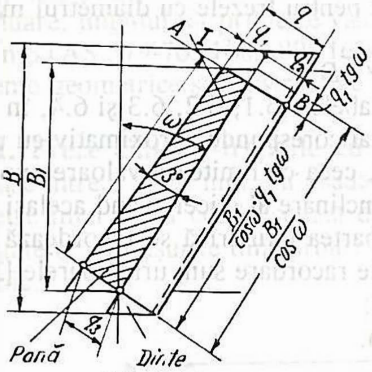


Fig. 6.26

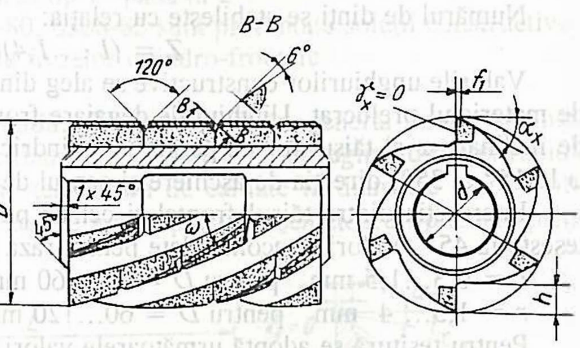


Fig. 6.27

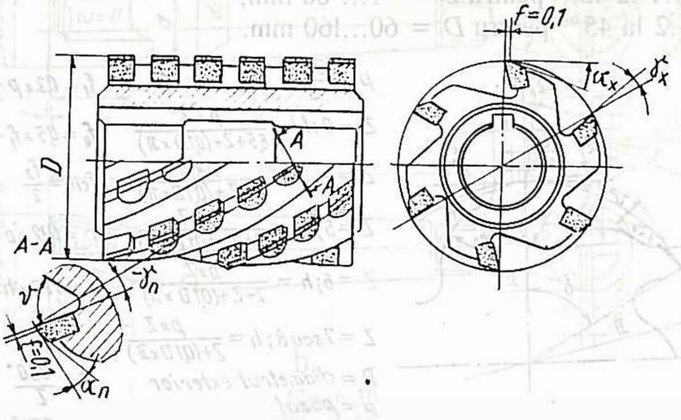


Fig. 6.28

Dispunerea dinţilor se face pe elice (fig.6.27 şi fig.6.28). Soluţia adoptată în figura 6.27 necesită plăcuţe din carburi metalice de lungimi diferite pentru a rezulta suprafeţe plane continui. Soluţia din figura 6.28 necesită plăcuţe identice de dimensiuni (lăţimi) mici, între 5 şi 10 mm aşezate distante şi decalat de la dinte la dinte.

În STAS 578-76 sunt prezentate frezele cilindrice din oţel rapid.

6.5. FREZE CILINDRO-FRONTALE

Sunt prevăzute cu dinţi pe partea cilindrică şi pe partea frontală, criteriile şi categoriile de clasificare fiind aceleaşi ca la frezele cilindrice.

Diametrul exterior se stabileşte în funcţie de necesităţi şi de tipul frezei, fiind în

general cuprins între 10 şi 160 mm.

Diametrul cozii sau diametrului alezajului se determină din condiţii de rezistenţă şi se normalizează.

Datorită modului de fixare în consolă, lungimea frezelor cilindro-frontale este limitată la valori mici:

$$l = (0.5...4)\ D$$

în care valorile minime ale coeficientului se admit pentru frezele cu diametrul mare.

Numărul de dinţi se stabileşte cu relaţia:

$$Z = (1\ ...\ 1,4)\sqrt{D} \qquad (6.53)$$

Valorile unghiurilor constructive se aleg din tabelele 6.1, 6.2, 6.3 şi 6.4, în funcţie de materialul prelucrat. Unghiul de degajare frontal corespunde aproximativ cu unghiul de înclinare ω al tăişurilor de pe partea cilindrică, ceea ce limitează valoarea unghiului ω la 15°... 35°, direcţia de aşchiere şi sensul de înclinare al elicei având acelaşi sens.

Intersecţia dintre tăişul frontal şi cel de pe partea cilindrică se racordează sau se teşeşte la 45°. Valorile recomandate pentru raza de racordare sunt următoarele:[31]

r = 0,3...1,5 mm pentru D = 3... 60 mm;

r = 1,5... 4 mm pentru D = 60...120 mm.

Pentru teşitură se adoptă următoarele valori:

t = 0,2...1 la 45° pentru D = 1... 60 mm;

t = 1 ...2 la 45° pentru D = 60...160 mm.

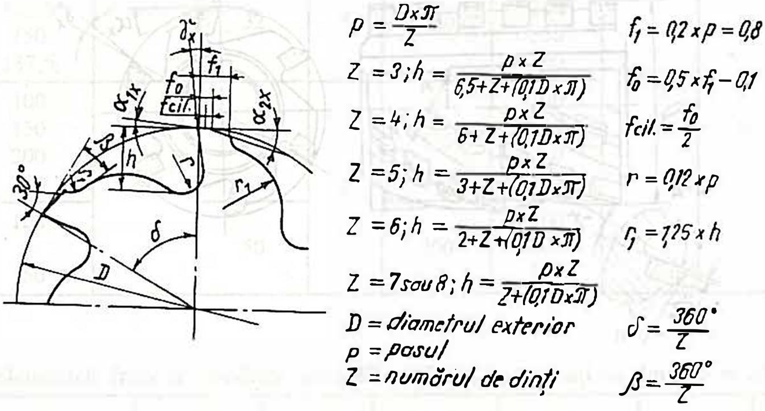


Fig. 6.29

Pe partea cilindrică dinţii frezelor se execută de preferinţă cu spate curb cu faţetă proeminentă (fig. 6.29). Notând cu D diametrul exterior al frezei, cu p - pasul acesteia şi cu Z numărul de dinţi, parametrii constructivi se calculează cu relaţiile:

$$\begin{aligned} p &= (\pi\ D)/\ Z \\ h &= p\ Z/\ (n + Z + 0,1\ \pi\ D) \\ f_1 &= 0,2\ p - 0,8 \\ f_0 &= 0,5\ f_1 - 0,1 \\ f_{cil} &= f_0\ /\ 2 \\ r &= 0,12\ p \\ r_1 &= 1,25\ h \\ \delta &= \beta = 360/Z \end{aligned} \qquad (6.55)$$

În relaţia pentru determinarea înălţimii h a dinţilor n este un coeficient care ia valorile: 6,5 pentru $Z = 3$; 6 pentru $Z = 4$; 3 pentru $Z = 5$; 2 pentru $Z = 6$ şi 0 pentru $Z = 7$ sau 8.

Tăişurile frontale au faţa de aşezare plană, fiind înclinate faţă de direcţia de aşchiere cu unghiul $\varkappa_1 = 0°... 2°$. În anumite cazuri, îndeosebi la frezele cilindro-frontale cu alezaj, tăişurile frontale se execută pe câţiva milimetri cu $\varkappa_1 = 0°$, după care în continuare, unghiul $\varkappa_1$ primeşte valoarea de 1° până la 2°.

În STAS 579-76, 1683-80, 1684-80, 6308-82 sunt prezentate soluţii constructive şi elemente geometrice şi constructive ale frezelor cilindro-frontale.

a. Freze cilindro-frontale cu coadă. Se construiesc în general pentru diametre cuprinse între 1 şi 75 mm, cu coadă cilindrică sau conică, în întregime din oţel rapid la diametre mici şi cu coadă sudată din oţel carbon de calitate la diametre mari. Pot fi executate şi cu tăişurile din carburi metalice având plăcuţe aşchietoare lipite sau prinse mecanic.

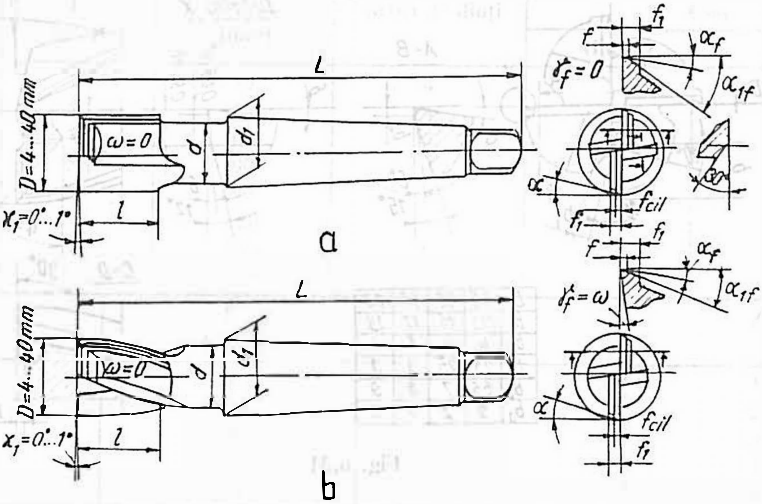


Fig. 6.30

În funcţie de destinaţie, frezele cilindro-frontale cu coadă se grupează în trei categorii: *a) freze pentru canelat*, destinate frezării canalelor de pană, canelurilor, sau diverselor locaşuri înfundate: *b) freze pentru copiere*; *c)* freze cilindro-frontale cu *destinaţie generală* pentru executarea suprafeţelor plane corelate sau prin copiere, unde pătrunderea frontală a sculei nu este necesară.

Frezele cilindro-frontale pentru canelat se construiesc cu coadă cilindrică sau conică conform STAS 248-77 (fig. 6.30).

Numărul de dinţi se alege în funcţie de diametru, după cu urmează:

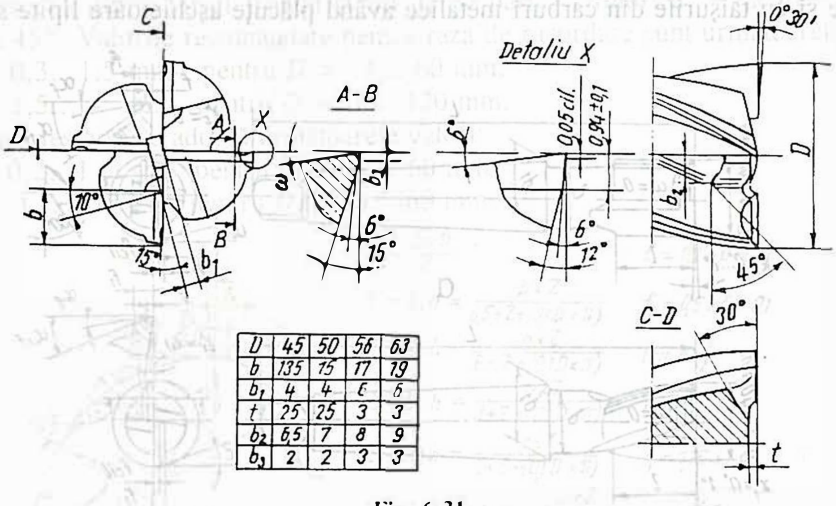
- pentru diametre sub 20 mm se construiesc cu 2 dinţi;
- pentru diametre între 20 şi 40 mm se construiesc cu 3 dinţi;
- pentru diametre peste 40 mm se construiesc de regulă cu 4 dinţi, având unul sau două din tăişurile frontale până la centrul sculei (fig. 6.31).

Pentru geometria tăişurilor se recomandă următoarele valori:
- unghiul elicei $\omega = 20°...25°$;
- unghiul de degajare pe partea frontală $\gamma_f = 10°$;
- unghiul de aşezare al tăişurilor periferice $\alpha = 12°...16°$;
- unghiul de aşezare pentru tăişurile frontale $\alpha_f = 8°...15°$;
- unghiul de atac secundar pentru tăişurile frontale $\varkappa_1 = 0...1°$.

Elementele constructive se aleg conform STAS 1680-85 şi STAS 1681-85.

Pentru prelucrarea materialelor mai greu aşchiabile se folosesc freze cilindro-frontale (fig. 6.32) cu tăişuri din carburi metalice lipite, drepte, înclinate sau elicoidale.

În figura 6.33 se prezintă trei soluţii constructive de freze cilindro-frontale cu coadă armate cu plăcuţe din carburi metalice lipite sau fixate mecanic, iar în tabelul 6.9 se prezintă elementele lor constructive.



D	45	50	56	63
b	135	15	17	19
b_1	4	4	6	6
t	25	25	3	3
b_2	6,5	7	8	9
b_3	2	2	3	3

Fig. 6.31

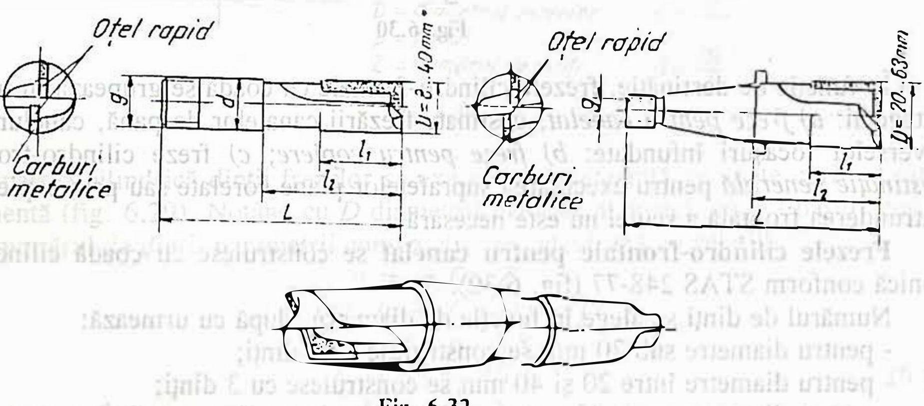


Fig. 6.32

Freze cilindro-frontale pentru copiere se construiesc din oţel rapid, cu coadă cilindrică sau conică (STAS 248-77) monobloc sau cu coadă sudată din oţel carbon de

calitate.

Pot fi tăișuri frontale drepte (fig.6.34) sau semicirculare (fig.6.35) și cu tăișuri periferice cilindrice sau conice (fig.6.36 și 6.37).

Tabelul 6.9

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale armate cu plăcuțe din carburi metalice

d [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Z		Con	
			f	o	Con Morse nr.	7:24
12	16	32	4	3	1	-
16	16	36	4	3	2	-
20	19	40	6	4	3	-
25	19	45	6	4	3	-
32	22	50	6	4	4	40
40	25	56	6	4	4	40
50	30	63	-	4	-	50
63	30	70	-	6	-	50

d [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Șiruri de dinți	Con	
				Morse	7:24
20	44	59	4	3	-
25	52	64	4	3	-
28	52	64	4	3	-
32	55	90	4	4	-
36	55	90	4	4	40
40	75	120	4	4	40
50	93	150	6	5	50
63	112	166	6	-	50

d [mm]	L [mm]	l_2 [mm]	Z
20	80	36	1
25	120	35	2
32	126	32	2
40	154	40	3
50	165	46	4

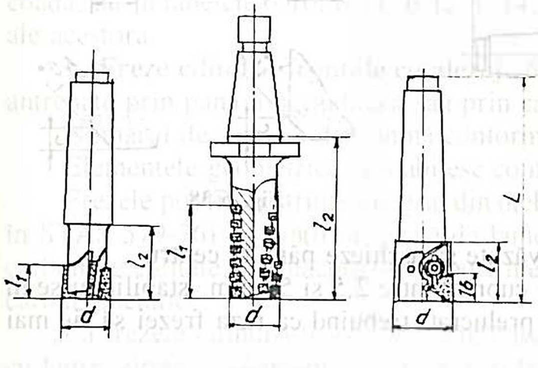


Fig. 6.33

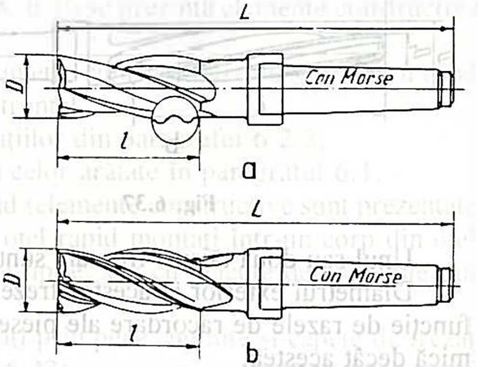


Fig. 6.34

Frezele pentru degroșare sunt prevăzute cu canale pentru fragmentarea așchiilor, care se calculează conform celor indicate la frezele cilindrice.

Trecerea de la tăişurile frontale drepte la cele cilindrice se face printr-o teşire la 45° sau printr-o rază de racordare $r = 0.08D$.

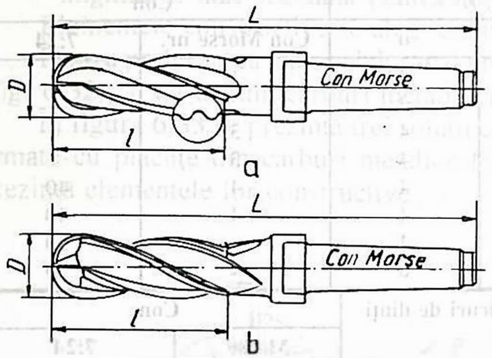


Fig. 6.35

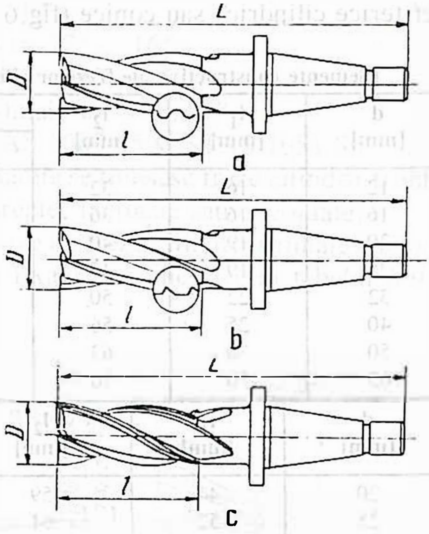


Fig. 6.36

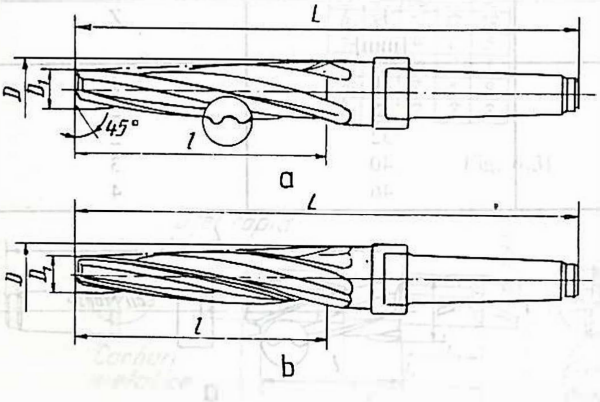


Fig. 6.37

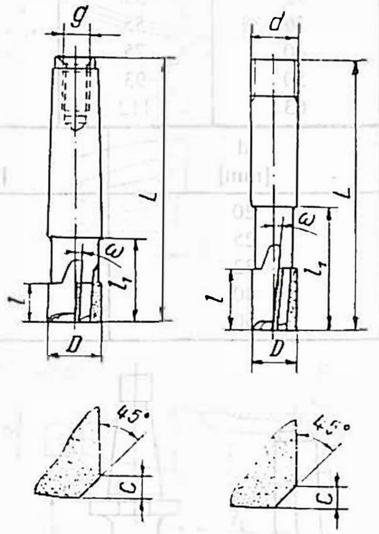


Fig. 6.38

Unul sau două tăişuri frontale sunt prevăzute să aşchieze până la centru.

Diametrul exterior al acestor freze este cuprins între 2,5 şi 50 mm, stabilindu-se în funcţie de razele de racordare ale piesei de prelucrat, trebuind ca raza frezei să fie mai mică decât acestea.

Frezele cilindro-frontale cu coadă cu destinaţie generală nu se construiesc cu dinţi frontali până la centrul sculei. În funcţie de destinaţia lor pot fi prevăzute cu fragmentatori de aşchii.

Pot fi prevăzute cu plăcuţe din carburi metalice cu dinţi înclinaţi (fig.6.38) sau

elicoidali ca în figura 6.39.

În STAS 1683-80 și 1684-80 sunt prezentate elementele constructive ale frezelor cilindro-frontale cu coadă conică și cilindrică.

Forma dinților și elementele geometrice se aleg conform indicațiilor generale date la începutul capitolului.

Înlocuirea plăcuțelor continui de formă elicoidală cu plăcuțe de dimensiuni mici dispuse la o anumită distanță una față de alta și decalate de la dinte la dinte, ușurează ascuțirea și permite schimbarea plăcuțelor deteriorate (fig. 6.40).

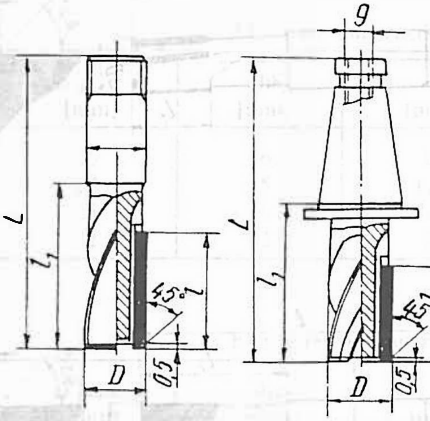


Fig. 6.39

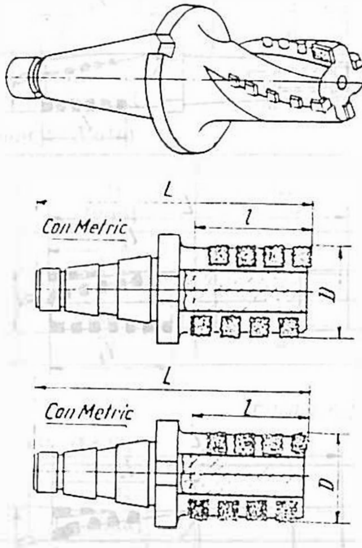


Fig. 6.40

În figura 6.40,*a*, plăcuțele sunt lipite, iar în figura 6.40,*b* și *c* sunt fixate mecanic.

În figura 6.41 se prezintă șapte soluții constructive de freze cilindro-frontale cu coadă, iar în tabelele 6.10, 6.11, 6.12, 6.14, 6.15, 6.16 se prezintă elemente constructive ale acestora.

b. Freze cilindro-frontale cu alezaj. Au diametre cuprinse între 40 și 160 mm fiind antrenate prin pană longitudinală sau prin canal frontal.

Numărul de dinți se determină conform relațiilor din paragraful 6.2.2.

Elementele geometrice se stabilesc conform celor arătate în paragraful 6.1.

Frezele pot fi construite integral din oțel rapid (elemente constructive sunt prezentate în STAS 579-76) cu dinții în formă de lame de oțel rapid montați într-un corp din oțel carbon de calitate, cu plăcuțe de carburi metalice lipite, sau cu plăcuțe demontabile din carburi metalice.

La frezele cilindro-frontale cu dinții asamblați prin pene, numite și capete de frezat cu lame, zimții au dispoziție axială (ca în figura 6.42).

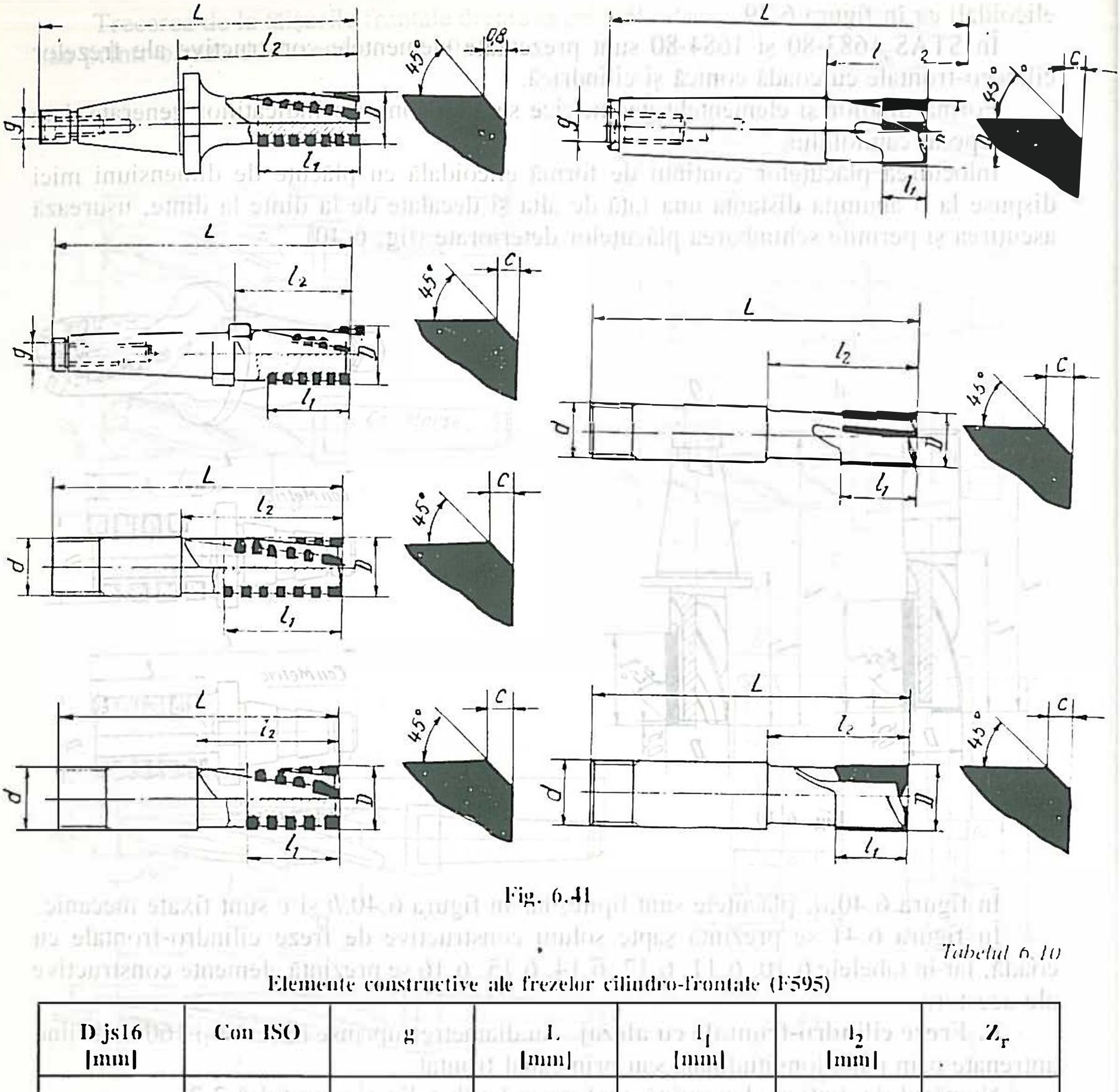


Fig. 6.41

Tabelul 6.10

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale (F595)

D js16 [mm]	Con ISO	g	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Z_r
40	40	M16	213,5	74,5	120	4
50	50	M24	277	93,5	150	6
63	50	M24	293	112,5	166	6

După câteva reascuţiri, dinţii se mută cu unul sau doi zimţi mai aproape de periferie, apoi se rectifică din nou şi se ascut.

Aşezarea dinţilor, precum şi dimensiunile lor se determină aproximativ, prin desenări de probă, apoi se trece la calculul analitic al dimensiunilor cuţitelor şi al golurilor dintre ele [14].

Determinarea tuturor dimensiunilor dintelui se face în planul *AB* (fig.6.43).

Tabelul 6.11

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale (F605)

D js16 [mm]	Con Morse	g	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Z_r
20	3	M12	145	44,5	59	4
25	3	M12	150	52	64	4
28	3	M12	150	52	64	4
36	4	M16	205	55,5	81	4
40	4	M16	210	65	86	4
50	5	M20	265	84	111	6

Tabelul 6.12

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale (F616)

D js16 [mm]	dh8 [mm]	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Z_r
16	16	83	29,5	44	2
20	25	115	44,5	63	4
25	25	118	52	66	4
32	32	125	55,5	73	4

Tabelul 6.13

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale (F620)

D js16 [mm]	dh8 [mm]	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Z_r
20	25	100	29,5	48	4
25	25	106	37	54	4
32	32	106	36,5	54	4

Tabelul 6.14

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale (F625)

D js16 [mm]	Con Morse	g	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Z
12	1	M6	89	16	32	3
16	2	M10	105	16	36	3
20	3	M12	126	19	40	4
25	3	M12	131	19	45	4
32	4	M16	159	22	50	6
40	4	M16	165	25	56	6

Determinarea dimensiunilor dintelui și ale canalului în care se montează, constă în calcularea următoarelor dimensiuni principale, notate în figura 6.43: a, h, l_z, h_1 și h_2.

Dimensiunea a pe fața frontală anterioară a corpului frezei se determină cu formula:

$$a = (D/2)\ sin\ \gamma_1 + q\ tg\ \omega \qquad (6.56)$$

Tabelul 6.15

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale (F626)

D js16 [mm]	dh8 [mm]	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Z
3	6	60	12	-	4
4	6	63	12	-	4
5	10	68	15	-	4
6	10	70	18	-	4
8	10	62	12	25	3
10	10	65	12	28	3
12	12	70	16	32	3
16	16	80	16	36	3
20	16	90	19	40	4
25	25	100	19	45	4
32	32	105	22	50	6

Tabelul 6.16

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale (F626)

De8 [mm]	dh8 [mm]	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]
3	6	60	8	-
4	6	63	10	-
5	10	68	12	-
6	10	70	12	-
8	10	55	12	16
10	10	58	12	20
12	12	63	16	25
14	12	65	19	32
16	16	70	22	32
18	16	72	22	36
20	16	80	22	40
25	25	100	25	45
32	32	105	25	50

Dimensiunea h se determină cu formula:

$$h = (D/2)\cos\gamma_1 - H_1 \qquad (6.57)$$

Dimensiunea mărimii l_z se face cu relaţia:

$$l_z = (D/2)\cos\gamma_1 - H - L\,(tg\,\mu)/\cos\omega \qquad (6.58)$$

Adâncimea şanţului în care se montează dintele pe faţa frontală anterioară este:

$$h_1 = H + q\,tg\mu/\cos\omega - (D/2)\cos\gamma_1 + \sqrt{(D_1/2)^2 - a^2} \qquad (6.59)$$

Adâncimea aceluiaşi canal pe faţa frontală posterioară se calculează cu relaţia:

$$h_2 = H + L\,tg\mu/\cos\omega - (D/2)\cos\gamma_1 + \sqrt{(D_1/2)^2 - C_z^2} \qquad (6.60)$$

La calculul lăţimii canalului, care se face în mod asemănător cu calculul frezelor

cilindrice, trebuie să se ţină seama de strângerea s, care se adoptă în limitele 0.2...0.4 mm.

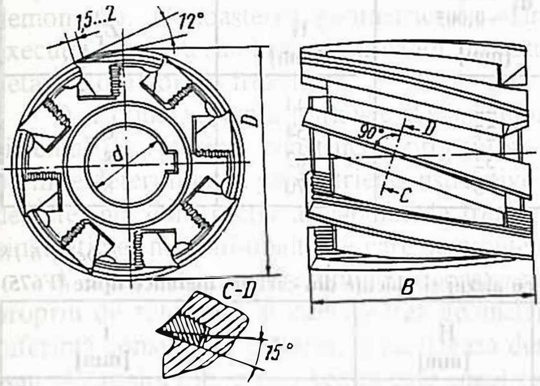


Fig. 6.42

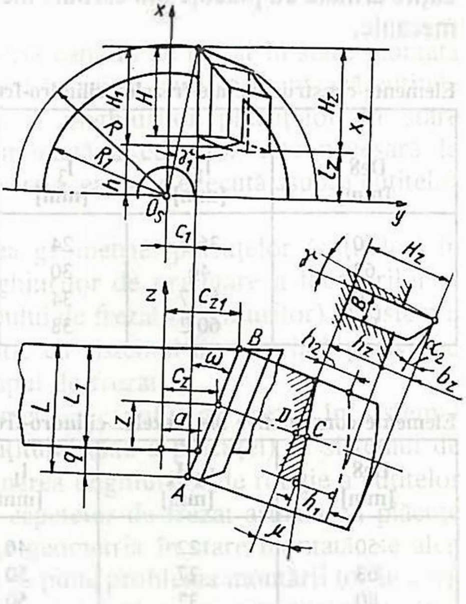


Fig. 6.43

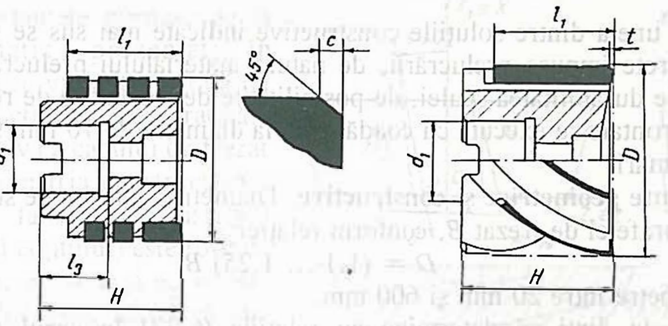


Fig. 6.44

În figura 6.44 se prezintă soluţii constructive de freze cilindro-frontale cu alezaj cu tăişuri din carburi metalice lipite, iar în tabelele 6.17 şi 6.18 se dau elementele constructive ale acestor tipuri de freze, produse de firmele Walter şi USAP [45].

6.6. FREZE FRONTALE

Sunt scule aşchietoare folosite cu precădere la prelucrarea suprafeţelor plane de diverse forme şi dimensiuni. Sunt scule de productivitate ridicată, asigurând calităţi superioare ale suprafeţei prelucrate. Se construiesc cu un consum redus de material special de scule, partea aşchietoare fiind întotdeauna demontabilă. Se denumesc adesea capete de frezat şi pot fi cu lame (asemănătoare frezelor cilindro-frontale cu lame, dar cu

diametre peste 70 mm şi cu tăişuri periferice mai scurte), cu cuţite din oţel rapid sau cu cuţite armate cu plăcuţe din carburi metalice lipite şi cu plăcuţe din carburi metalice fixate mecanic.

Tabelul 6.17

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale cu alezaj şi plăcuţe din carburi metalice lipite (F375)

De8 [mm]	l_1 [mm]	l_3 [mm]	$d_1 \begin{smallmatrix}+0,017\\+0,005\end{smallmatrix}$ [mm]	H [mm]	Z_r [mm]
50	36,5	24	22	44	6
63	46	30	27	54	6
80	50,7	34	32	62	8
100	60,2	38	40	70	8

Tabelul 6.18

Elemente constructive ale frezelor cilindro-frontale cu alezaj şi plăcuţe din carburi metalice lipite (F675)

De8 [mm]	d_1H_x [mm]	l_1 [mm]	H [mm]	Z	t [mm]
50	22	40	50	6	0,8
63	27	50	63	6	0,8
80	32	50	63	8	1
100	40	63	80	8	1

Alegerea uneia dintre soluţiile constructive indicate mai sus se face în funcţie de cerinţele concrete impuse prelucrării, de natura materialului prelucrat, de dificultăţile tehnologice, de durabilitatea sculei, de posibilităţile de reascuţire de reglare la cotă etc.

Frezele frontale se execută cu coadă până la diametre de 70 mm şi cu alezaj pentru diametre mai mari.

a. Elemente geometrice şi constructive. Diametrul exterior se stabileşte în funcţie de lăţimea suprafeţei de frezat *B*, conform relaţiei:

$$D = (1,1 \ldots 1,25)\ B$$

rezultând diametre între 20 mm şi 600 mm.

Numărul de dinţi se determina cu relaţiile (6.32) în cazul utilizării cuţitelor demontabile. În cazul utilizării plăcuţelor demontabile din carburi metalice, numărul de dinţi creşte aproxiativ proporţional cu diametrul, putând fi determinat în relaţiile:

$Z = (0.08\ldots0.1)D$ pentru freze cu $D < 100$ mm;

$Z = (0.05\ldots0.08)D$ pentru freze cu $D > 100$ mm,

folosite la prelucrarea materialelor care dau aşchii lungi.

$Z = (0.08\ldots0.12)D$ pentru freze cu $D > 100$ mm,

folosite la prelucrarea materialelor care dau aşchii scurte.

Problema cea mai importantă şi cu grad mare de dificultate este determinarea parametrilor geometrici ai părţii aşchietoare şi calculul parametrilor geometrici ai dinţilor în stare demontată, faţă de sistemul de referinţă constructiv al acestor dinţi.

Pentru proiectare este deci important să se stabilească corect corepondenţa dintre geometria constructivă a capetelor de frezat (care coincide cu geometria pasivă a acestora) şi geometria constructivă a cuţitelor montate în capul de frezat (sau a plăcuţelor, care pot

fi asmilate cu un cuţit, având deci un sistem propriu de referinţă).

Determinarea acestei corespondenţe este posibilă în trei variante, în funcţie de scopul urmărit.

O primă variantă presupune cunoscute geometria capului de frezat în stare montată şi unghiurile de orientare ale locaşurilor din caorpul frezei în care se montează cuţitele şi permite calcularea unghiurilor cuţitelor (sau a unghiurilor plăcuţelor în stare demontată). Cunoaşterea geometriei în stare demontată a cuţitelor este necesară la execuţia acestora sau la reascuţirea lor, în cazul în care aceasta se execută asupra cuţitelor detaşate din corpul frezei.

O a doua variantă porneşte de la cunoaşterea geometriei plăcuţelor (cuţitelor) în sistemul de referinţă constructiv propriu şi a unghiurilor de orientare a locaşurilor şi permite determinarea geometriei constructive a capului de frezat (unghiurilor) în sistemul de referinţă constructiv al capului de frezat, identic cu sistemul de referinţă pasiv sau cinematic al maşinii-unelte pe care se montează capul de frezat.

A treia variantă presupune cunoaşterea geometriei capului de frezat în sistemul propriu de referinţă, şi cunoaşterea geometriei cuţitului (sau a plăcuţei) în sistemul de referinţă constructiv propriu, şi realizează determinarea unghiurilor de rotaţie a cuţitelor (sau plăcuţelor) în corp. Acesta este cazul real al capetelor de frezat armate cu plăcuţe demontabile din carburi metalice, la care se alege geometria în stare montată, se aleg plăcuţele standardizate având geometrie proprie, şi se pune problema montării lor în corp aşa fel încât să rezulte tocmai geometria necesară scopului pentru care este proiectat capul de frezat.

Toate trei variantele pornesc de la modelul matematic prezentat în continuare. Deoarece varianta a doua nu prezintă interes practic, nu va fi tratată.

Geometria pasivă a capului de frezat este diferită de geometria constructivă a cuţitelor, datorită faptului că sistemul *oxyz* (constructiv al cuţitului) este rotit cu unghiurile $\eta_x = \sigma$, $\eta_y = \varepsilon$ şi $\eta_z = 90° + \tau$ în jurul axelor sale, astfel că sistemul de referinţă pasiv *OXYZ* al unui cuţit, rezultă orientat ca în figura 6.45.

Sistemul *OXYZ* reprezintă poziţia pe care o ocupă sistemul de referinţă cinematic (pasiv al capului de frezat) $O_1X_1Y_1Z_1$ în urma translaţiei prin care originea sa O ajunge într-un punct al cuţitului.

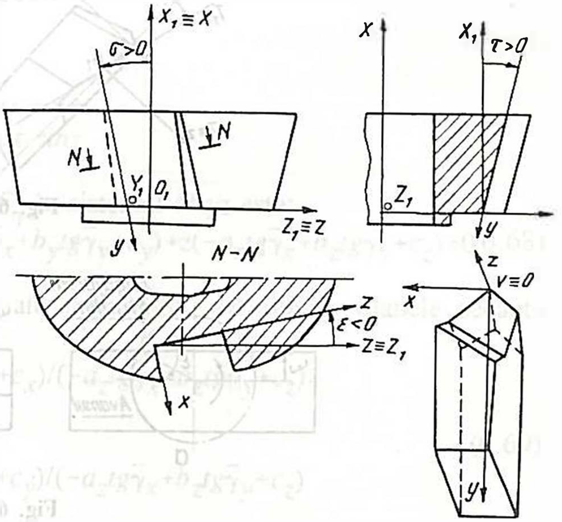


Fig. 6.45

Pentru stabilirea corespondenţei între geometria constructivă şi geometria pasivă se consideră iniţial sistemele de referinţă *oxyz* şi *OXYZ* coincidente, ca în figura 6.46.

În continuare, în modelul matematic se folosesc unghiuri definite în accepţiunea lor geometrică (şi nu tehnologică) [15,34] având indicele "*g*" şi care se exprimă în funcţie de unghiurile pasive cunoscute, cu relaţiile:

(6.62)

$$\bar{\chi}_g = \bar{\chi} + 90°; \qquad \bar{\lambda}_g = \bar{\lambda}$$

$$\bar{\chi}_{1g} = 90° - \bar{\chi}_1; \qquad \bar{\lambda}_{1g} = -\bar{\lambda}_1$$

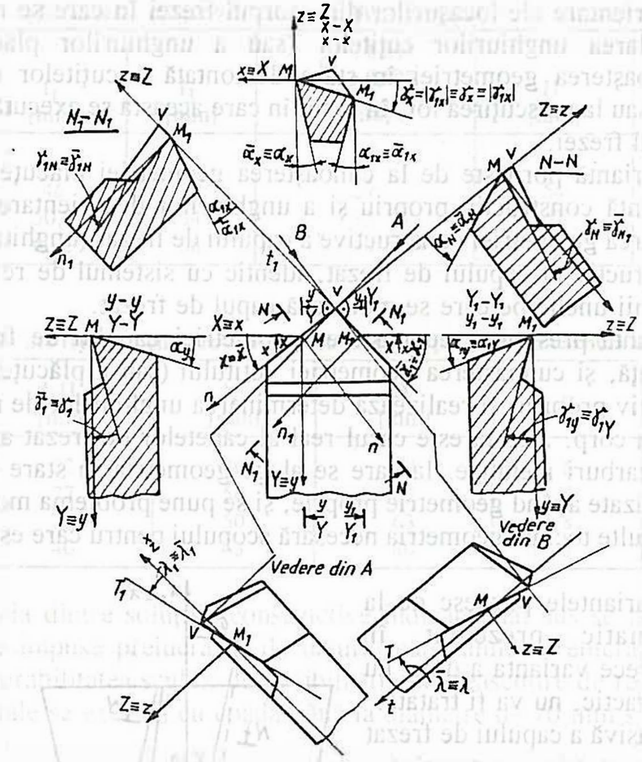


Fig. 6.46

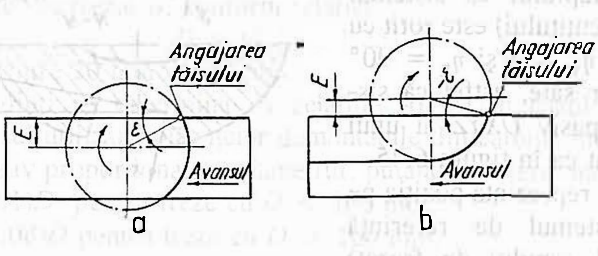


Fig. 6.47

De asemenea, deoarece faţa de degajare plană a oricărui cuţit este unică, unghiurile $\bar{\gamma}_{1g}$ şi $\bar{\lambda}_{1g}$ rezultă din relaţiile:

$$tg\bar{\lambda}_{1g} = tg\bar{\gamma}_y \sin\bar{\chi}_{1g} - tg\bar{\gamma}_x \cos\bar{\chi}_{1g}$$

$$tg\bar{\gamma}_{1N} = tg\bar{\gamma}_x \sin\bar{\chi}_{1g} + tg\bar{\gamma}_y \cos\bar{\chi}_{1g} \qquad (6.63)$$

Folosind elementele din figura 6.46, ecuaţia feţei de degajare plane F_γ exprimată în sistemul *OXYZ*, este :

$$F_\gamma = X(\cos\bar{\chi}_g tg\bar{\lambda}_g - \sin\bar{\chi}_g tg\bar{\gamma}_N) + Y(\sin\bar{\chi}_g tg\bar{\lambda}_g + \cos\bar{\chi}_g tg\bar{\gamma}_N) + Z = 0 \quad (6.64)$$

Unghiurile de degajare pasive în planele secante principale sunt date de relaţiile:

$$\begin{aligned} tg\bar{\gamma}_x &= tg\bar{\gamma}_N \sin\bar{\chi}_g - tg\bar{\lambda}_g \cos\bar{\chi}_g \\ tg\bar{\gamma}_y &= tg\bar{\gamma}_N \cos\bar{\chi}_g - tg\bar{\lambda}_g \sin\bar{\chi}_g \end{aligned} \quad (6.65)$$

Pentru calculul geometriei constructive a unui cuţit al capului de frezat se exprimă ecuaţia feţei de degajare F_γ în sistemul *OXYZ*, folosind relaţiile de trecere dintr-un sistem într-un altul:

$$\begin{aligned} X &= a_x x + a_y y + a_z z \\ Y &= b_x x + b_y y + b_z z \\ Z &= c_x x + c_y y + c_z z \end{aligned} \quad (6.66)$$

În aceste ultime relaţii, a_x, a_y,...,c_z sunt cosinusurile directoare ale axelor *OXYZ* şi se calculează cu relaţiile:

$$\begin{aligned} a_x &= -\cos\varepsilon \sin\tau - \sin\sigma \sin\varepsilon \cos\tau \\ b_x &= \cos\varepsilon \cos\tau - \sin\sigma \sin\varepsilon \sin\tau \\ c_x &= -\cos\sigma \sin\varepsilon \\ a_y &= -\cos\sigma \cos\tau \\ b_y &= -\cos\sigma \sin\tau \\ c_y &= \sin\sigma \\ a_z &= -\sin\varepsilon \sin\tau + \sin\sigma \cos\varepsilon \cos\tau \\ b_z &= \sin\varepsilon \cos\tau + \sin\sigma \cos\varepsilon \sin\tau \\ c_z &= \cos\sigma \cos\varepsilon \end{aligned} \quad (6.67)$$

Cu acestea, ecuaţia feţei de degajare F_γ în sistemul *Oxyz* este:

$$F_\gamma = x(-a_x tg\bar{\gamma}_x + b_x tg\bar{\gamma}y + c_x) + y(-a_y tg\bar{\gamma}_x + b_y tg\bar{\gamma}_y + c_y) + z(-a_z tg\bar{\gamma}_x + b_z tg\bar{\gamma}_y + c_z) = 0 \quad (6.68)$$

Unghiurile de degajare constructive ale unui cuţit, definite în planele secante principale sunt:

$$\begin{aligned} tg\gamma_x &= (-a_x tg\bar{\gamma}_x + b_x tg\bar{\gamma}_y + c_x)/(-a_z tg\bar{\gamma}_x + b_z tg\bar{\gamma}_y + c_z) \\ tg\gamma_y &= (-a_y tg\bar{\gamma}_x + b_y tg\bar{\gamma}_y + c_y)/(-a_z tg\bar{\gamma}_x + b_z tg\bar{\gamma}_y + c_z) \end{aligned} \quad (6.69)$$

Procedând similar pentru feţele de aşezare prinicpale şi secundare plane se obţin unghiurile de aşezare pasive din planele secante principale cu relaţiile:

$$\begin{aligned} ctg\bar{\alpha}_x &= ctg\bar{\alpha}_N \sin\bar{\chi}_g - tg\bar{\lambda}_g \cos\bar{\chi}_g \\ ctg\bar{\alpha}_y &= ctg\bar{\alpha}_N \cos\bar{\chi}_g + tg\bar{\lambda}_g \sin\bar{\chi}_g \end{aligned} \quad (6.70)$$

$$\begin{cases} ctg\bar{\alpha}_{nx} = ctg\bar{\alpha}_{nN}\sin\bar{\chi}_{ng} - tg\bar{\lambda}_{ng}\cos\bar{\chi}_{ng} \\ ctg\bar{\alpha}_{ny} = ctg\bar{\alpha}_{nN}\cos\bar{\chi}_{ng} + tg\bar{\lambda}_{ng}\sin\bar{\chi}_{ng} \end{cases} \quad (6.71)$$

iar unghiurile de așezare constructive din planele secante principale cu relațiile:

$$ctg\alpha_x = -(-a_x ctg\bar{\alpha}_x + b_x ctg\bar{\alpha}_y + c_x)/(-a_z ctg\bar{\alpha}_x + b_z ctg\bar{\alpha}_y + c_z)$$

$$ctg\alpha_y = (-a_y ctg\bar{\alpha}_x + b_y ctg\bar{\alpha}_y + c_y)/(-a_z ctg\bar{\alpha}_x + b_z ctg\bar{\alpha}_y + c_z) \quad (6.73)$$

$$ctg\alpha_{nx} = -(-a_x ctg\bar{\alpha}_{nx} + b_x ctg\bar{\alpha}_{ny} + c_x)/(-a_z ctg\bar{\alpha}_{nx} + b_z ctg\bar{\alpha}_{ny} + c_z)$$

$$ctg\alpha_{ny} = (-a_y ctg\bar{\alpha}_{nx} + b_y ctg\bar{\alpha}_{ny} + c_y)/(-a_z ctg\bar{\alpha}_{nx} + b_z ctg\bar{\alpha}_{ny} + c_z) \quad (6.74)$$

Unghiurile $\bar{\chi}_g$ și $\bar{\lambda}_g$ se pot calcula și cu relațiile:

$$\bar{\chi}_g = 180° + arctg(ctg\bar{\alpha}_x - tg\bar{\gamma}_x)/(ctg\bar{\alpha}_y - tg\bar{\gamma}_y) \quad (6.74)$$

$$\bar{\lambda}_g = arctg(ctg\bar{\alpha}_y \sin\bar{\chi}_g - ctg\bar{\alpha}_x \cos\bar{\chi}_g) \quad (6.75)$$

Cu ajutorul unghiurilor constructive măsurate în planele secante principale, definite prin relațiile (6.69), (6.70) și (6.71) se calculează unghiul $\varkappa_g$ cu relația:

$$\chi_g = arctg(ctg\alpha_x - tg\gamma_x)/(ctg\alpha_y - tg\gamma_y) \quad (6.76)$$

și în continuare se calculează unghiurile:

$$\lambda_g = arctg(tg\gamma_y \sin\chi_g - tg\gamma_x \cos\chi_g)$$

$$\alpha_N = arcctg(ctg\alpha_x \sin\chi_g + ctg\alpha_y \cos\chi_g)$$

$$\alpha_{nN} = arcctg(ctg\alpha_{nx} \sin\chi_{ng} + ctg\alpha_{ny} \cos\chi_{ng}) \quad (6.77)$$

$$\gamma_N = arctg(tg\gamma_x \sin\chi_g + tg\gamma_y \cos\chi_g)$$

Deoarece fața de dagajare este plană și unică se poate scrie

$$\bar{\gamma}_{1x} = \bar{\gamma}_x; \quad \gamma_{1x} = \gamma_x; \quad \bar{\gamma}_{1y} = \bar{\gamma}_y; \quad \gamma_{1y} = \gamma_y$$

Trecerea de la unghiurile $\varkappa_g$, $\varkappa_{1g}$, λ_g și λ_{1g} calculate la unghiurile $\varkappa$, $\varkappa_1$, λ și λ_1 care se înscriu pe desenul de execuție al cuțitului, se face cu relațiile:

$$\varkappa = \varkappa_g; \qquad \lambda = \lambda_g$$

$$\varkappa_1 = -\bar{\varkappa}_{1g}; \qquad \lambda_1 = -\bar{\lambda}_{1g} \quad (6.78)$$

Valorile unghiurilor constructive ale capetelor de frezat se aleg conform recomandărilor din tabelele 6.1 și 6.2.

O problemă deosebită în legătură cu alegerea parametrilor geometrici ai frezelor

frontale, o reprezintă asigurarea contactului inițial între tăiș și piesa de prelucrat în interiorul feței de degajare, și nu în vârf sau într-un punct al muchiei așchietoare. În plus este recomandabil ca șocul inițial să fie repartizat pe un interval de timp cât de mare posibil, reducându-se astfel uzura și vibrațiile.

Felul și locul contactului sunt determinate, pe lângă geometria tăișului, de reglarea sculei față de piesă. Unghiul de angajare ε, care caracterizează atacul tăișului (fig.6.47) se consideră pozitiv când axa capului de frezat se află în interiorul suprafeței de frezat (fig.6.47,*a*), caz considerat normal, și negativ când axa sculei se găsește în afara piesei de prelucrat (fig.6.47,*b*) [30].

Unghiul de angajare ε se calculează folosind notațiile din fig. 6.47 cu relația

$$\sin \varepsilon = 2E/D_S \qquad (6.79)$$

În figura 6.48 dreapta *K'* reprezintă linia de intersecție a planului de degajare al sculei cu planul de angajare *A* al piesei, iar ψ' este unghiul format de dreapta *K'* cu o perpendiculară pe suprafața prelucrată.

Unghiul ψ' se calculează cu relația:

$$tg\ \psi' = (tg\ \gamma_y \cos \gamma_x)/ \sin (\gamma_x - \varepsilon) \qquad (6.80)$$

Dacă se înlocuiește

$$tg\ \psi = tg\ \psi' \cos \varepsilon \qquad (6.81)$$

rezultă:

$$tg\ \psi = tg\ \gamma_y \ / \ (tg\ \gamma_x - tg\ \varepsilon)$$

Unghiul $\varkappa'$ este proiecția unghiului de atac $\varkappa$ al tăișului pe planul de angajare *A* și se calculează cu relația:

$$tg\ \varkappa' = tg\ \varkappa \cos \varepsilon \qquad (6.83)$$

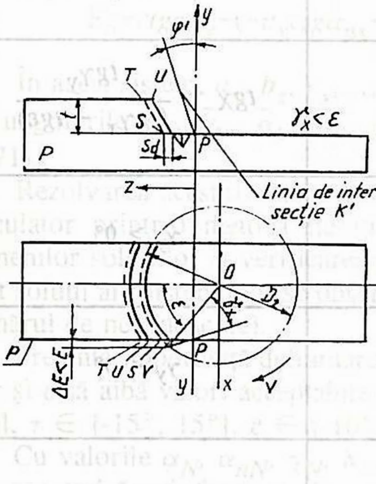


Fig. 6.48

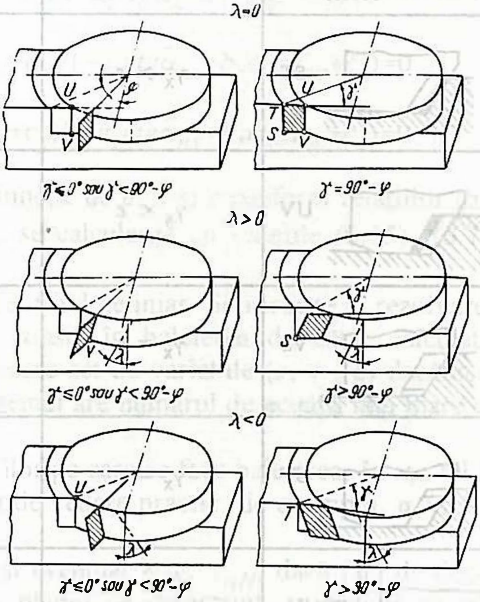


Fig. 6.49

Ambele unghiuri ψ' și $\varkappa'$ sunt definite și măsurate în planul lateral al piesei.

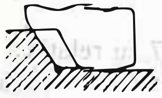
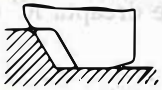
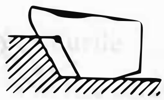
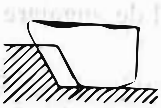
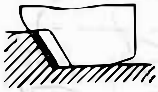
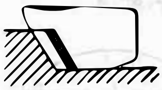
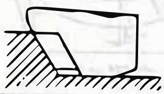
Unghiul ψ poate fi pozitiv sau negativ, în funcție de mărimea și semnul unghiurilor

γ_y, γ_x şi ε.

Tipul contactului este determinat de ψ şi $\varkappa$, conform tabelului 6.19.

Tabelul 6.19

Condiţii posibile pentru realizarea contactului iniţial

Felul contactului	Relaţia între unghiurile γ_x şi ε	Relaţia între unghiurile $\varkappa$ şi ψ	Relaţia între unghiurile γ_x, γ_y, $\varkappa$ şi ε
 S	$\gamma_x > \varepsilon$	$\varkappa < \psi$	$tg\chi < \dfrac{tg\gamma_y}{tg\gamma_x - tg\varepsilon}$
 T	$\gamma_x > \varepsilon$	$\varkappa > \psi$	$tg\chi > \dfrac{tg\gamma_y}{tg\gamma_x - tg\varepsilon}$
 U	$\gamma_x < \varepsilon$	$\varkappa < \psi$	$tg\chi < \dfrac{tg\gamma_y}{tg\gamma_x - tg\varepsilon}$
 V	$\gamma_x < \varepsilon$	$\varkappa > \psi$	$tg\chi > \dfrac{tg\gamma_y}{(tg\gamma_x - tg\varepsilon)}$
 ST	$\gamma_x > \varepsilon$	$\varkappa = \psi$	$tg\chi = \dfrac{tg\gamma_y}{(tg\gamma_x - tg\varepsilon)}$
 UV	$\gamma_x < \varepsilon$	$\varkappa = \psi$	$tg\chi = \dfrac{tg\gamma_y}{(tg\gamma_x - tg\varepsilon)}$
 VS	$\gamma_x = \varepsilon$	$\psi = 90°$	$\gamma_y > 0°$
UT	$\gamma_x = \varepsilon$	$\psi = 90°$	$\gamma_y < 0°$
STUV (suprafaţă)	$\gamma_x = \varepsilon$	$\psi = 90°$	$\gamma_y = 0°$

În figura 6.49 se pune în evidenţă necesitatea combinării unghiurilor de degajare şi de înclinare a tăişului în vederea realizării unui contact avantajos pentru aşchiere.

O durabilitate raţională pentru sculă asigură contactul în punctul U, care se realizează de obicei printr-un unghi de degajare negativ. Cele mai neconvenabile situaţii sunt acelea în care contactul se produce în punctul S sau pe toată suprafaţa ($STUV$).

În general, unghiurile de dagajare negative sunt convenabile la frezarea oţelului, deşi conduc la forţe de aşchiere mai mari. Pentru a se înlătura acest dezavantaj, se utilizează tăişuri prevăzute numai cu faţete cu unghi de degajare negativ, cu lăţimea limitată de avansul pe dinte, restul feţei de degajare fiind prevăzut cu unghi de degajare pozitiv.

*

* *

Pentru determinarea unghiurilor de orientare a locaşurilor în cazul în care se cunosc geometria capului de frezat în stare montată (geometria pasivă) şi geometria cuţitelor sau a plăcuţelor care formează dinţii în sistemul de referinţă constructiv propriu al acestora se utilizează relaţiile (6.69), (6.72) şi (6.73) rescrise după cum urmează:

$$E_1=tg\gamma_x+(-a_x tg\bar{\gamma}_x+b_x tg\bar{\gamma}_y+c_x)/(-a_z tg\bar{\gamma}_x+b_z tg\bar{\gamma}_y+c_z)=0$$

$$E_2=tg\gamma_y-(-a_y tg\bar{\gamma}_x+b_y tg\bar{\gamma}_y+c_y)/(-a_z tg\bar{\gamma}_x+b_z tg\bar{\gamma}_y+c_z)=0$$

$$E_3=ctg\alpha_x+(-a_x ctg\bar{\alpha}_x+b_x ctg\bar{\alpha}_y+c_x)/(-a_z ctg\bar{\alpha}_x+b_z ctg\bar{\alpha}_y+c_z)=0$$

$$E_4=ctg\alpha_y-(-a_y ctg\bar{\alpha}_x+b_y ctg\bar{\alpha}_y+c_y)/(-a_z ctg\bar{\alpha}_x+b_z ctg\bar{\alpha}_y+c_z)=0 \qquad (6.84)$$

$$E_5=ctg\alpha_{nx}+(-a_x ctg\bar{\alpha}_{nx}+b_x ctg\bar{\alpha}_{ny}+c_x)/(-a_z ctg\bar{\alpha}_{nx}+b_z ctg\bar{\alpha}_{ny}+c_z)=0$$

$$E_6=ctg\alpha_{ny}-(-a_y ctg\bar{\alpha}_{nx}+b_y ctg\bar{\alpha}_{ny}+c_y)/(-a_z ctg\bar{\alpha}_{nx}+b_z ctg\bar{\alpha}_{ny}+c_z)=0$$

În acest sistem, a_x, b_x, c_x,..., c_z sunt funcţie de σ, τ şi ε conform relaţiilor (6.67), iar unghiurile $\bar{\gamma}_x$, $\bar{\gamma}_y$, $\bar{\alpha}_x$, $\bar{\alpha}_y$, $\bar{\alpha}_{nx}$, $\bar{\alpha}_{ny}$ se calculează cu relaţiile (6.65), (6.70) şi (6.71).

Rezolvarea acestui sistem este dificilă, el fiind neliniar. Se recurge la rezolvarea pe calculator printr-o metodă iterativă, care constă în baleierea de către calculator a domenilor soluţiilor şi verificarea pentru fiecare set de variabile (σ, τ, ε) dacă acestea sunt soluţii ale sistemului (se observă că sistemul are numărul de ecuaţii mai mare decât numărul de necunoscute).

Prezintă importanţă delimitarea domeniilor pe care se face baleierea, în aşa fel încât σ, τ şi ε să aibă valori acceptabile din punct de vedere practic, de exemplu, $\sigma \in [-20°, 10°]$, $\tau \in [-15°, 15°]$, $\varepsilon \in [-10°, 10°]$.

Cu valorile α_N, α_{nN}, γ_N, λ_N, $\varkappa$, $\varkappa_1$ (şi eventual λ_{nN}, γ_{nN}, dacă faţa de degajare nu este unică, ci formată din mai multe plane) se determină cu relaţii ce pot fi determinate din (6.76) şi (6.77) valorile γ_x, γ_y, α_x, α_y, α_{nx}, α_{ny}.

Menţionăm că şi în acest caz, în toate relaţiile se utilizează valorile geometrice şi nu tehnologice ale unghiurilor de atac şi înclinare a tăişurilor $\varkappa_g$, $\varkappa_{1g}$, $\bar{\chi}_g$, $\bar{\chi}_{1g}$ etc.

b. Freze frontale (capete de frezat) cu dinţi în forme de lame. Sunt asemănătoare frezelor cilindro-frontale cu lame, având însă tăişurile periferice (de pe partea cilindrică) scurte. Lamele se construiesc din oţel rapid sau din oţel de construcţie cu plăcuţe din carburi metalice lipite.

Ascuţirea tăişurilor se realizează întodeauna în stare montată.

Diametrul exterior se determină cu relaţia (6.61), iar numărul de lame creşte aproximativ proporţional cu diametrul, conform relaţiei

$$Z \approx 0,1\,D$$

Sistemele de fixare mecanică sunt similare celor de la frezele cilindro-frontale cu lame, iar calculul sistemului de montare decurge în acelaşi mod deja prezentat.

Unghiul de degajare al tăişurilor se realizează prin montarea înclinată a lamelor faţă de direcţia radială, iar unghiul de degajare al tăişurilor frontale se obţine prin înclinarea lamelor faţă de axa longitudinală a corpului de bază.

În general unghiul de atac $\varkappa = 90°$, dar între tăişul principal şi tăişul secundar există un tăiş de trecere cu unghi $\varkappa_0 = 45°$ având lungimea 1,5...2 mm.

Pentru diametre mici între 75 şi 250 mm se utilizează capete de frezat ca în figura 6.50, antrenate prin dorn şi antrenor frontal (STAS 6308-67).

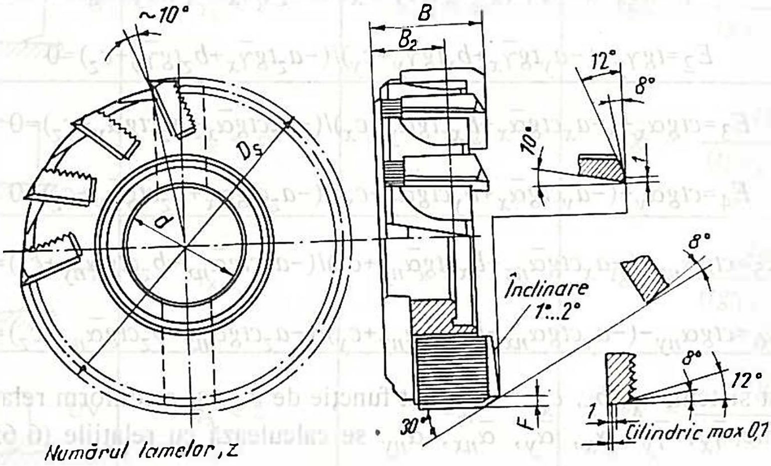


Fig. 6.50

Pentru diametre peste 250 mm se utilizează numai lame armate cu plăcuţe din carburi metalice, ca în figura 6.51. Pentru îmbunătăţirea calităţii suprafeţei prelucrate, aceste capete de frezat sunt prevăzute cu un dinte de finisare, cu unghiul de atac secundar $\varkappa_1 = 0°$.

În figura 6.52 se prezintă o soluţie constructivă de cap de frezat (freză frontală) cu lame din oţel rapid, iar în tabelul 6.20 se prezintă principalele elemente constructive ale acestora.

În figurile 6.53 şi 6.54 se prezintă dimensiunile locaşelor şi a dinţilor, iar în tabelele 6.21 şi 6.22, principalele dimensiuni ale acestora.

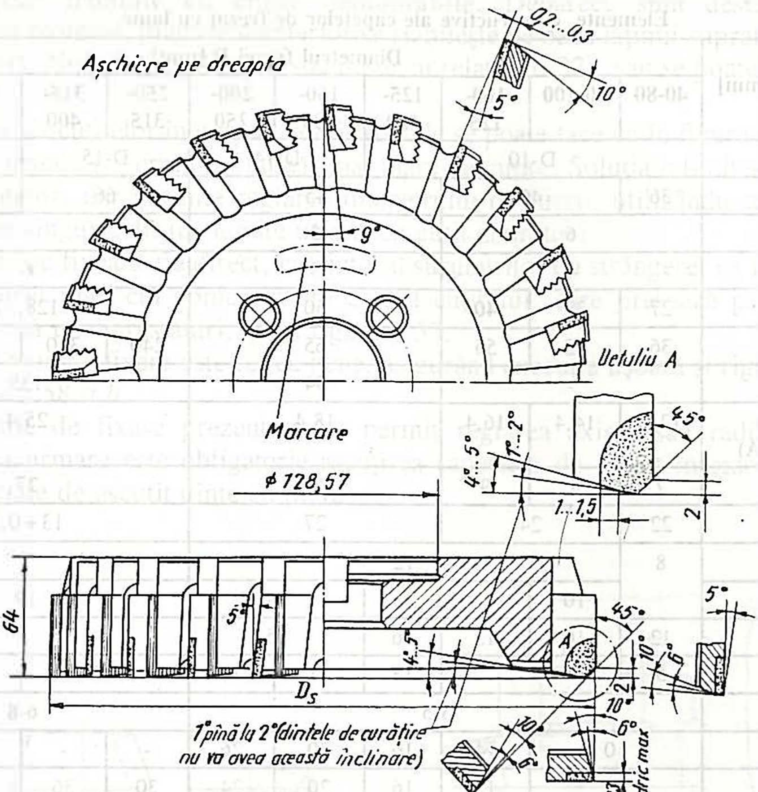


Fig. 6.51

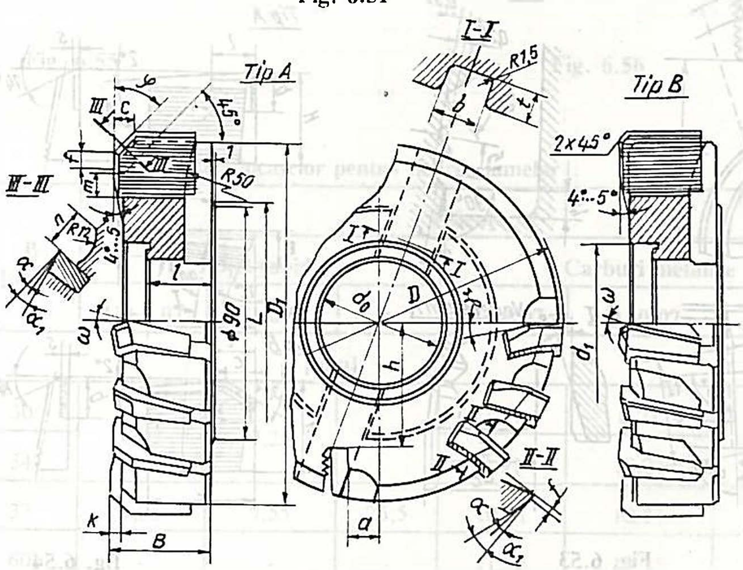


Fig. 6.52

Tabelul 6.20

Elemente constructive ale capetelor de frezat cu lame

Parametrii geometrici [mm]		Diametrul frezei D [mm]									
		40-80	80-100	100-125	125-160	160-200	200-250	250-315	315-400	400-500	500-630
D_1		D-10				D-14		D-15		D-18	
B		36	40		45			66		71	
K'		6			5			-			
K"		4			5			6			
d^{*0}(sect. A)		27	32	40	50			128,57			
d_1		36	42	55	65			240	310	390	490
Pas	L	-			94			135			
	b (sect. A)	12,4	14,4	16,4	18,4			25,4			
	t	7	8	9	10			27			
t^*		22	24		27			13+0,3			
n'		8	12					-			
n"			10	12		14		19			
m'		12	10	13	16	15		-			
m"		5	13		13	11	12	17		21	
F		3-5						6-8			
Z'		10		14	16	20	26	-	-	- .	-
Z"		10		12	16	20	24	30	36	44	52

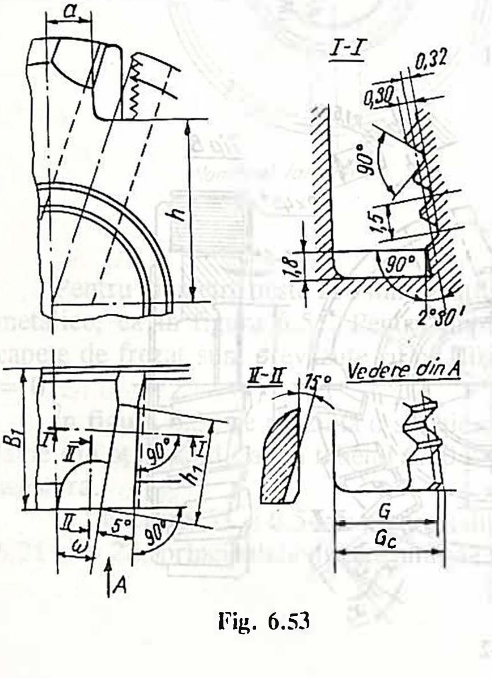


Fig. 6.53

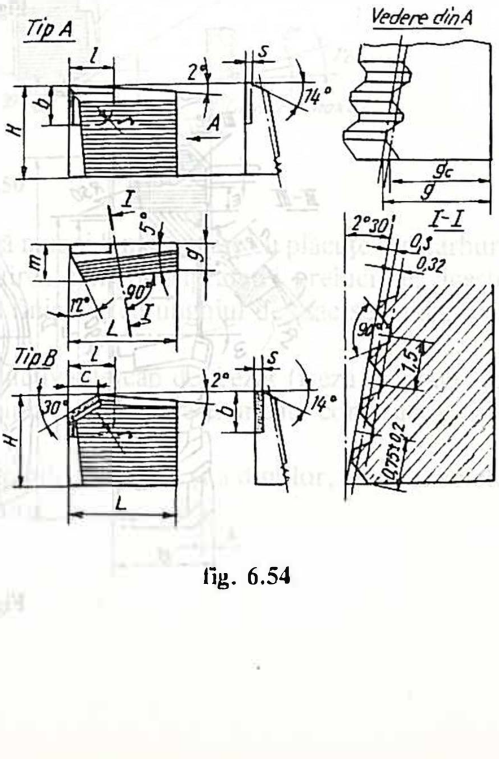


Fig. 6.54

c. Freze frontale cu cuţite demontabile. Deoarece sunt destinate exclusiv prelucrărilor frontale, diametrul exterior se stabileşte pe baza lăţimii suprafeţei frezate cu relaţia (6.61). Numărul de dinţi se stabileşte cu relaţia (6.32), sau se poate utiliza tabelul 6.23.

Dispoziţia cuţitelor în corpul frezei frontale se poate face ca în figura 6.55. Soluţiile *a* şi *b* sunt uzuale şi permit un număr mai mare de cuţite. Soluţia *c* limitează numărul şi poziţia cuţitelor, dar permite reglarea diametrului de lucru, utilizându-se la capete de frezat cu un singur cuţit (denumite uneori cu cuţit zburător).

Cuţitele se fixează fie direct, cu ajutorul şuruburilor de strângere, ca în figura 6.56, fie cu ajutorul unui cui conic, înspre corpul cuţitului, care presează peretele devenit elastic datorită unei crestături, ca în figura 6.57.

Un alt mod de fixare este cel cu pene, asigurând execuţia uşoară şi rigiditate ridicată ca în figura 6.58,*a*,*b*.

Modurile de fixare prezentate nu permit reglarea axială sau radială a poziţiei cuţitelor, ca urmare este obligatorie ascuţirea capetelor de frezat în stare montată, pe maşini speciale de ascuţit dinte cu dinte.

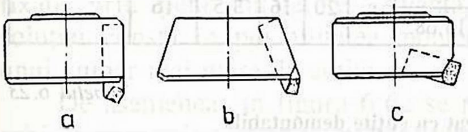


Fig. 6.55

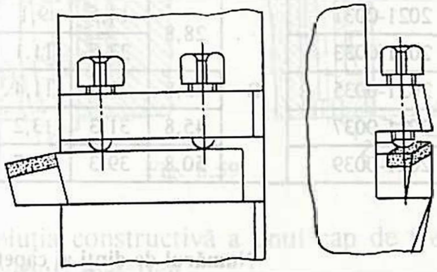


Fig. 6.56

Tabelul 6.21

Elementele locaşelor pentru fixarea lamelor

D [mm]	B [mm]	Plăcuţe					
		Oţel rapid			Carburi metalice		
		G+0,07	G_c-0,07	h_1	G+0,07	G_c-0,07	h_1
		[mm]					
0-80	30	6,95	7,25	18	7,91	8,21	25.
80-125	34				9,91	10,21	
125-250	37	9,25	9,55	25,5	10,21	10,51	29
250-400	60	-	-	-	11,95	12,25	41
400-630	65	-	-	-	13,38	13,68	46

Tabelul 6.22

Dimensiunile dinților pentru fixarea lamelor

Elementele plăcuței	Tip	L	H	m	g -0,10	g_c-0,07	c	GOST 2209-69				
								l	b	S	r	FORMA
		mm										
2020-0021	A	28,3	21,34	7,55	5,7	5,4	-					
2020-0023			25,48									
2020-0025		33,8	29,26	9,85	7,7	7,4	-	-	-	-	-	-
2020-0031	B	28,3	21,34	7,55	5,7	5,4	5					
2020-0033			25,48				6					
2020-0035		33,8	29,26	9,85	7,7	7,4	8					
2021-0011	A	28,8	14,5	9,1	8,51	8,21		12	10	2,5	10	20
2021-0013			22,5	11,1	10,51	10,21		15	12	3	12,5	
2021-0015		33,8	24	11,4	10,81	10,51						
2021-0017		45,8	31,3	13,2	12,55	12,25		20	16	3,5	16	
2020-0019		50,8	39,3	14,7	13,98	13,68						
2021-0031	B	28,8	14,5	9,1	8,51	8,21	3	15	12	3	12,5	49
2021-0033			22,5	11,1	10,51	10,21						
2021-0035		33,8	24	11,4	10,81	10,51						
2021-0037		45,8	31,3	13,2	12,55	12,25	8	20	16	3,5	16	
2021-0039		50,8	39,3	14,7	13,98	13,68						

Tabelul 6.23

Numărul de dinți ai capetelor de frezat cu cuțite demontabile

Diametrul capului de frezat, [mm]	125	160	200	250	315	400	500	630	800
Z pentru oțel	6	8	8	10	12	12	14	16	20
Z pentru fontă	8	10	12	16	20	22	24	26	30

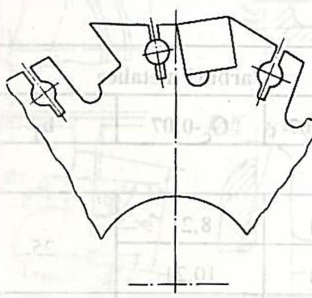


Fig. 6.57

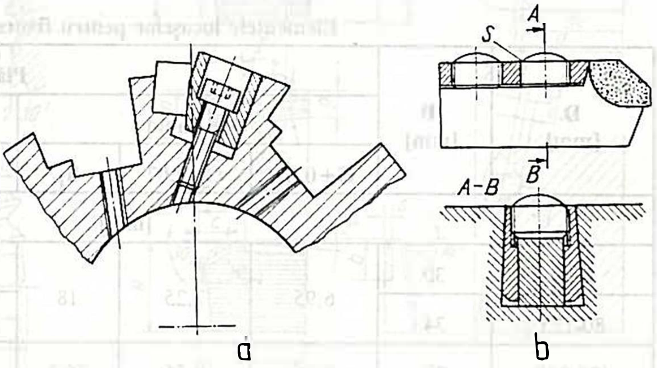


Fig. 6.58

Ascuţirea fiecărui cuţit în parte, pe maşini universale de ascuţit (sau pe maşini speciale pentru ascuţirea cuţitelor) se poate face numai dacă există posibilitatea reglării radiale şi axiale a poziţiei cuţitelor în corpul frezei.

O astfel de soluţie este prezentată în figura 6.59. Reglarea axială se realizează printr-un şurub cu hexagon înecat *1*, înşurubat în corpul frezei, care acţionează cu gulerul lui într-un canal îngust frezat pe suprafaţa de sprijin a corpului cuţitului. Pentru reglarea radială se roteşte bucşa cu excentric *2* pe care se sprijină cele două cepuri aplicate pe suprafaţa laterală a corpului cuţitului. Bucşa poate fi rotită prin hexagonul înecat de pe partea frontală, şi poate fi imobilizată cu ajutorul unui cui conic.

Deoarece aceste sisteme sunt complicate şi necesită precizie mare de execuţie, se utilizează în mod curent în practică doar sistemul de reglare axială, reglarea radială făcându-se cu plăci de adaos calibrate (bailagăre).

În figura 6.60 se prezintă construcţia unui cap de frezat pentru frezarea oţelului utilizat pentru diametre de la 150 mm în sus.

În figura 6.61 se prezintă o soluţie constructivă de cap de frezat cu cuţite armate cu plăcuţe din carburi metalice, fixate prin pene bilaterale. Avantajul soluţiei constă în posibilitatea montării unui număr mai mare de cuţite.

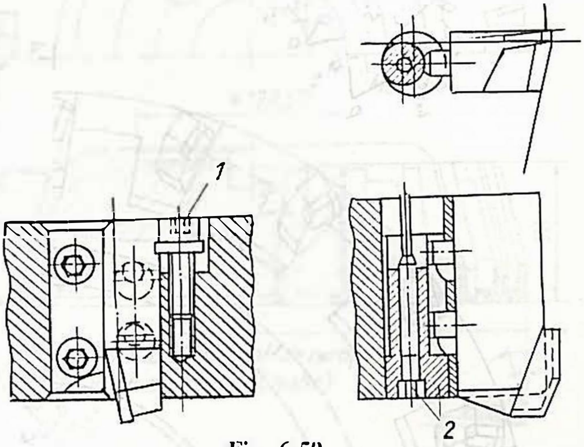


Fig. 6.59

De asemenea, în figura 6.62 se prezintă soluţia constructivă a unui cap de frezat echipat cu un singur cuţit armat cu plăcuţe din carburi metalice.

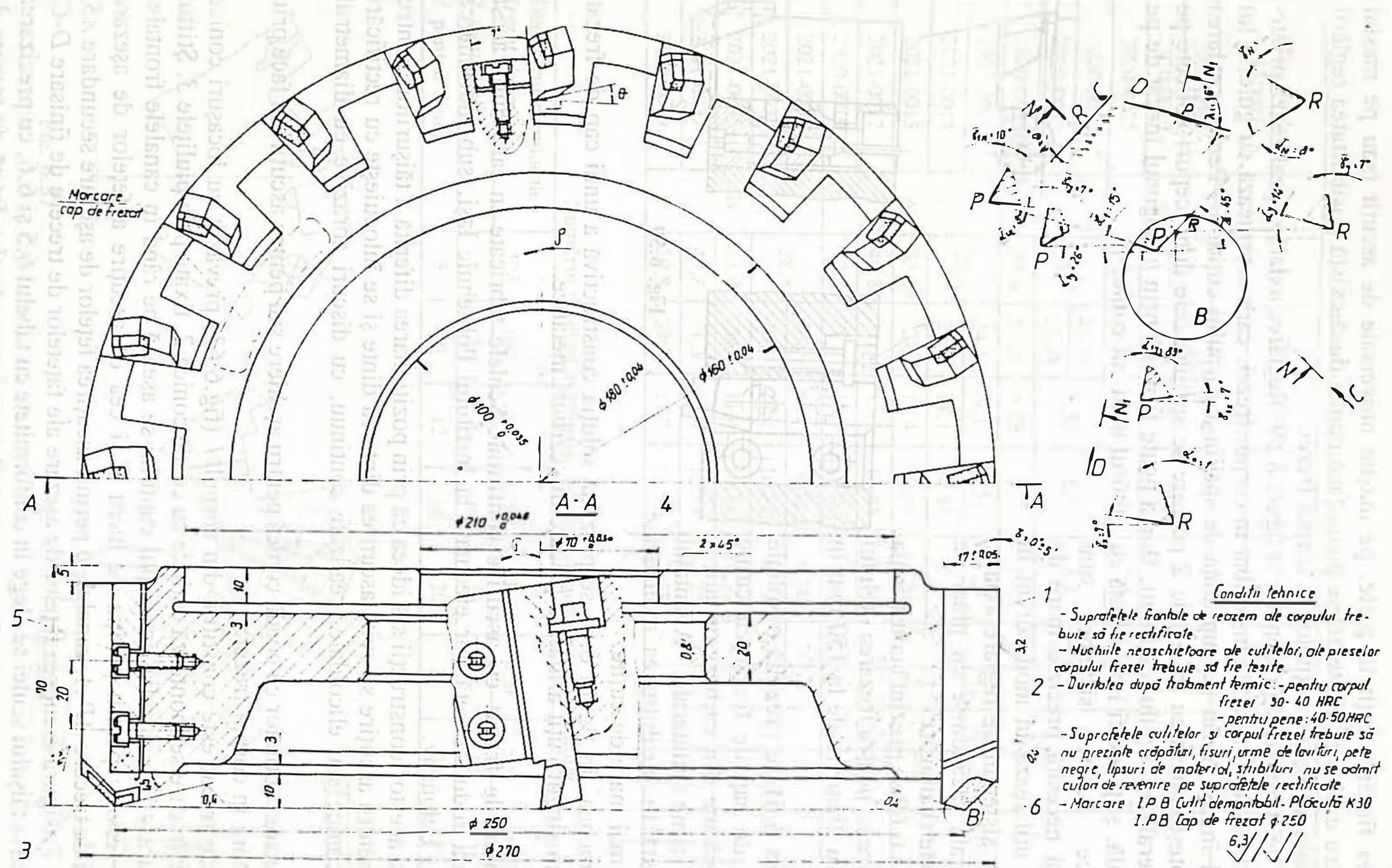
d. Capete de frezat cu ascuţire continuă. Sculele fabricate în ţară după acest principiu sunt rodul cercetărilor efectuate la Institutul Politehnic Iaşi, sub îndrumarea Prof.Dr.Ing. Belousov.

La baza acestor construcţii stă ideea că prin poziţionarea diferită a tăişurilor, pentru aşchiere şi pentru ascuţire se evită ascuţirea dinte cu dinte şi se înlocuieşte cu rectificări cilindrice, conice sau elicoidale, realizate continuu, cu discuri abrazive cu diametrul mare.

Poziţionarea cuţitelor cu coadă conică pentru aşchiere sau pentru ascuţiri se face prin rotirea acestora în corpul frezei.

Capul de frezat este constituit din corpul *1* (fig.6.63) prevăzut cu locaşuri conice pentru cuţite în care se montează cuţitele cu coadă conică *2*, fixate prin piuliţele *3*. Ştiftul de poziţionare *4* blocat radial în corpul cuţitului se aşează pe rând în canalele frontale. Canalele *5* servesc pentru poziţia de lucru *L* şi cea de ascuţire a feţelor de aşezare principale şi de trecere *AP-A*, canalele *6* permit ascuţirea feţelor de aşezare secundare *AS*, iar canalele *7* asigură ascuţirea feţelor de aşezare ale faţetelor de trecere de finisare *D-C*.

Geometria tăişului sculei se alege în conformitate cu tabelul 6.5 şi 6.6, cu precizarea că pe lângă tăişul de trecere teşit cu $\varkappa_0 = \varkappa/2$ se mai prevede şi o faţetă de trecere de finisare cu unghi de atac $\varkappa' = 0$, în scopul micşorării rugozităţii suprafeţei frezate.



Poz	Denumirea	Nr desen sau STAS	Buc	Material	Observații	Masa netă
6	Plăcuță din c.m.	STAS 9130-80	20	Carburi metalice		
5	Șurub fixare cuțit	STAS 4376-86	40	OL 42		
4	Șurub reglare axială	STAS 2879-82	20	OL 42		
3	Pană fixare cuțit	CF-03	20	OLC 45		
2	Cuțit demontabil	CF-03	20	OLC 45		
1	Corp cap frezare	CF-01	1	OLC 45		

Fig. 6.60

Alegerea diametrelor şi a numărului de dinţi se face ca la frezele frontale cu cuţite demontabile.

În figurile 6.64 şi 6.65 se prezintă două soluţii constructive de capete de frezat cu ascuţire continuă (denumite comercial *ROMASCON*), iar în tabelele 6.24 şi 6.25, principalele elemente constructive ale acestora.

e. Capete de frezat cu plăcuţe schimbabile din carburi metalice. Reprezintă soluţia cea mai modernă prezentând avantaje economice şi tehnologice. Tăişurile aparţin plăcuţelor din carburi metalice schimbabile. Plăcuţele schimbabile au fost standardizate pe plan internaţional pentru două forme caracteristice: pătrat şi triunghi. Forma plăcuţelor şi forma locaşului din suport se aleg astfel încât geometria rezultantă să asigure condiţii normale de aşchiere.

Se folosesc plăcuţe de tip pozitiv sau negativ, cu forma pătrata (fig. 6.66) sau triunghiulară (fig. 6.67). Plăcuţele pot fi normale sau cu faţete de trecere de la un tăiş la altul, cele din urmă prezentând avantajul unei rezistenţe sporite a vârfului tăişului.

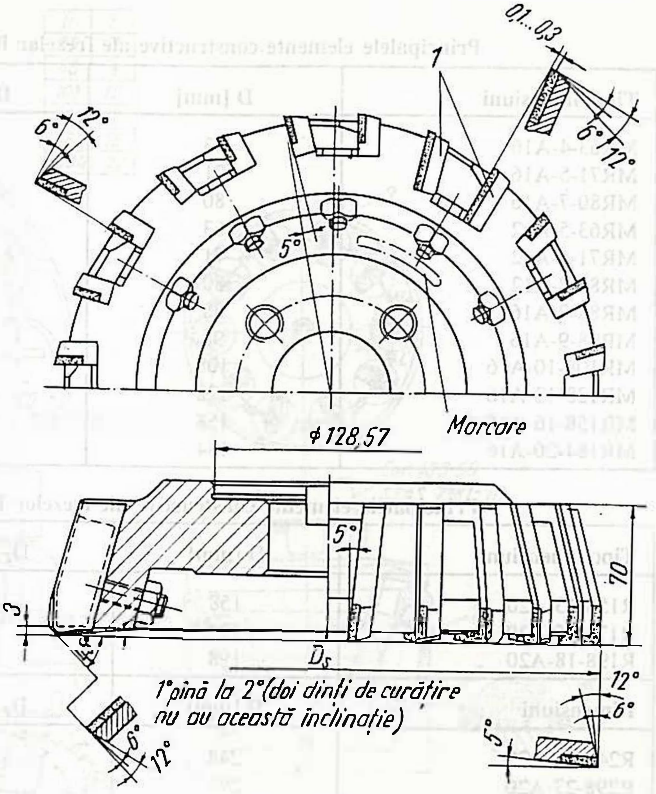


Fig. 6.61

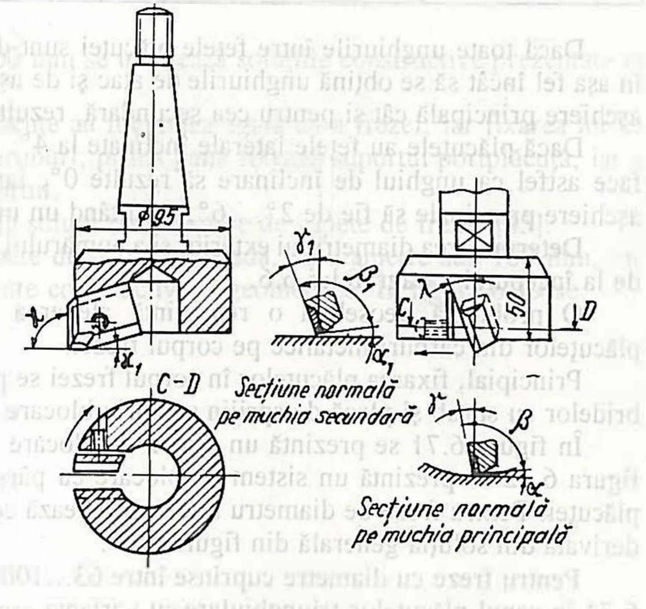


Fig. 6.62

Tabelul 6.24

Principalele elemente constructive ale frezelor ROMASCON cu coadă

Tipodimensiuni	D [mm]	D_f [mm]	Z
MR63-4-A16	63	36	4
MR71-5-A16	71	44	5
MR80-7-A16	80	53	7
MR63-5-A12	63	34	5
MR71-6-A12	71	52	6
MR80-7-A12	80	61	7
MR88-7-A16	88	54	7
MR98-9-A16	98	64	9
MR108-10-A16	108	74	10
MR128-12-A16	128	94	12
MR158-16-A16	158	124	16
MR184-20-A16	184	150	20

Tabelul 6.25

Principalele elemente constructive ale frezelor ROMASCON cu alezaj

Tipodimensiuni	D [mm]	D_f [mm]	Z
R158-13-A20	158	126	13
R178-15-A20	178	146	15
R198-18-A20	198	166	18
Dimensiuni	**D [mm]**	**D_f [mm]**	**Z**
R248-22-A20	248	216	22
R298-27-A20	298	265	27
R395-34-A20	395	363	34
R498-62-A20	498	466	42

Dacă toate unghiurile între fețele plăcuței sunt de 90°, plăcuța se așează în suport în așa fel încât să se obțină unghiurile de atac și de așezare dorite, atât pentru muchia de așchiere principală cât și pentru cea secundară, rezultând unghiuri de degajare negative.

Dacă plăcuțele au fețele laterale înclinate la 4°, 11° sau 15°, așezarea în suport se face astfel ca unghiul de înclinare să rezulte 0°, iar unghiul de așezare a muchiei de așchiere principale să fie de 2°... 6°, rezultând un unghi de degajare de 2°... 6°.

Determinarea diametrului exterior și a numărului de dinți se face conform indicațiilor de la începutul paragrafului 6.6.

O problemă deosebită o reprezintă alegerea soluției constructive de fixare a plăcuțelor din carburi metalice pe corpul frezei.

Principial, fixarea plăcuțelor în corpul frezei se poate face prin intermediul penelor, bridelor cu șurub și placă de sprijin sau prin blocare cu șurub (fig. 6.68, 6.69, 6.70).

În figura 6.71 se prezintă un sistem de blocare a plăcuțelor prin tija cu arc, iar în figura 6.72 se prezintă un sistem de blocare cu pârghie interioară și fixare pe alezajul plăcuței. Pentru freze de diametru mic se utilizează cu precădere soluția din figura 6.73, derivată din soluția generală din figura 6.69.

Pentru freze cu diametre cuprinse între 63...100 mm se utilizează soluția din figura 6.74 în capul plăcuțelor triunghiulare cu varianta asemănătoare din figura 6.75 utilizată la plăcuțe pătrate.

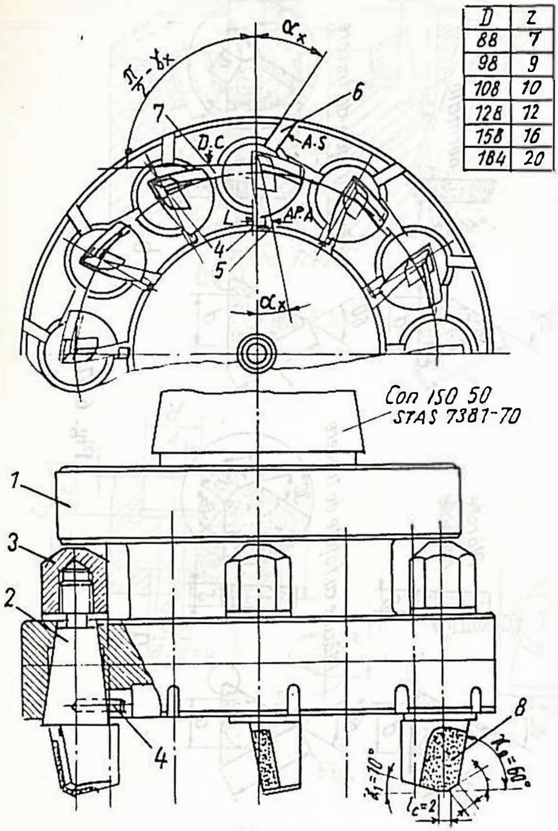


Fig. 6.63

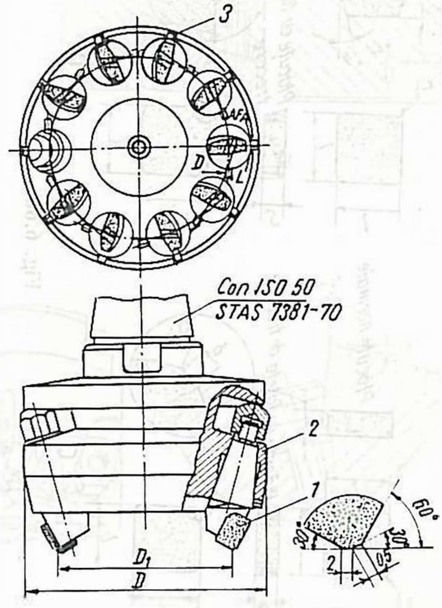


Fig. 6.64

Pentru freze cu diametrul peste 100 mm se utilizează soluţiile constructive prezentate în figurile 6.76 şi 6.77

În figura 6.77 suporţii portplăcuţe au lungimea egală cu a frezei, iar fixarea lor se face cu ajutorul a două pene cu şuruburi; prima pană fixează suportul portplăcuţă, iar a doua pană, plăcuţa şi indirect suportul.

În continuare se prezintă unele soluţii constructive de capete de frezat [45].

În figura 6.78 se prezintă capete de frezat cu coadă, cu diametre sub 100 mm, iar în tabelul 6.26, principalele elemente constructive şi geometrice. În figura 6.79 se

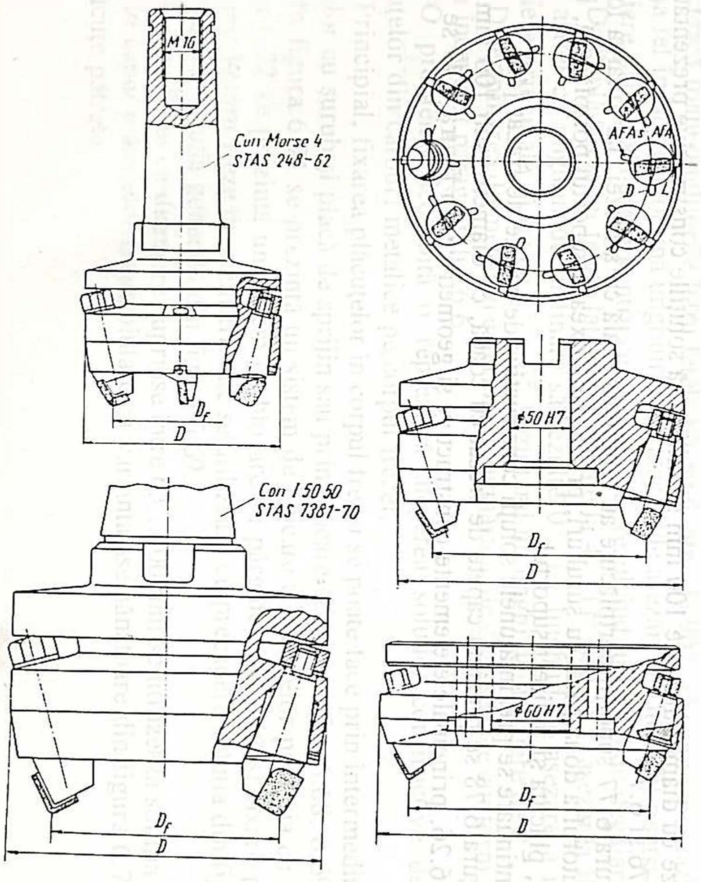


Fig. 6.65

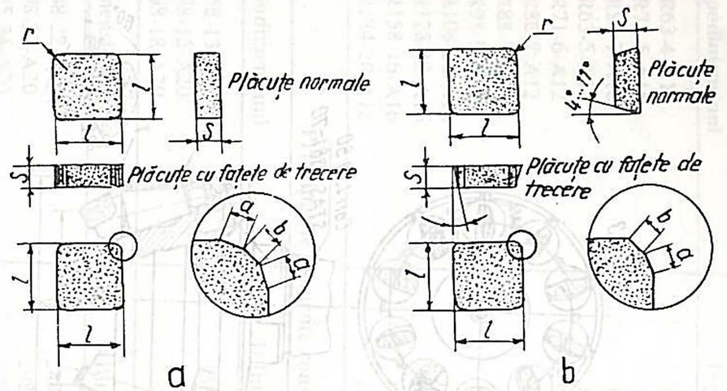


Fig. 6.66

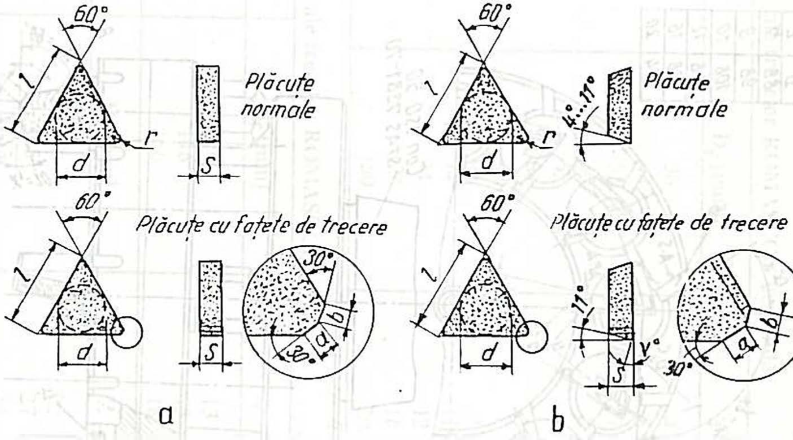


Fig. 6.67

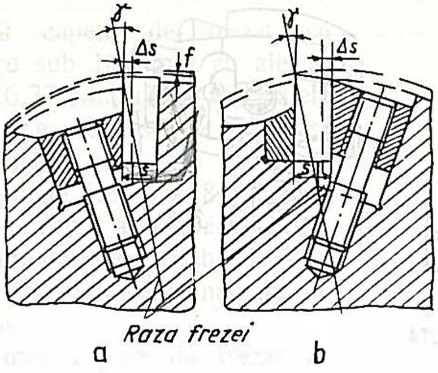


Fig. 6.68

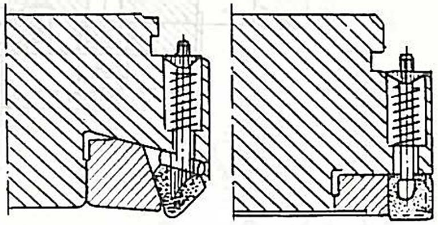


Fig. 6.71

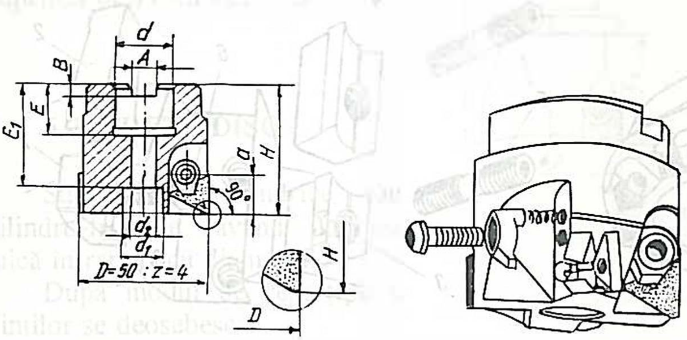


Fig. 6.69

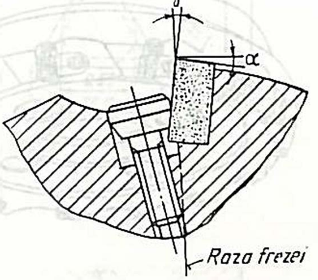


Fig. 6.70

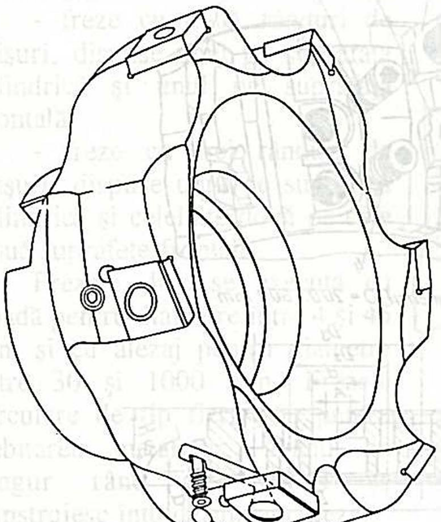


Fig. 6.72

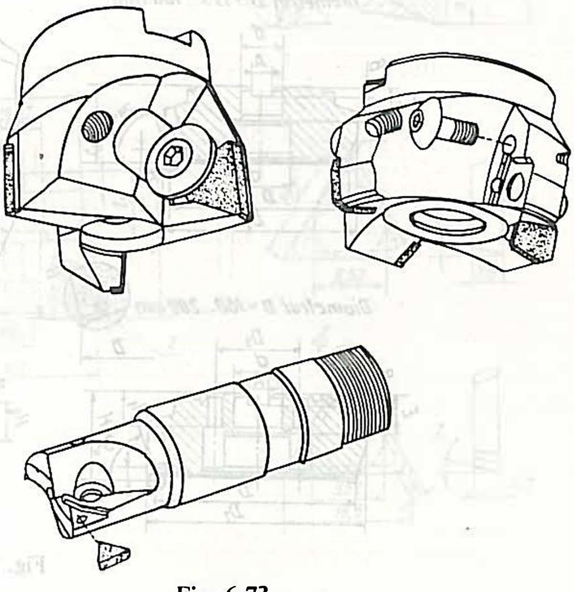


Fig. 6.73

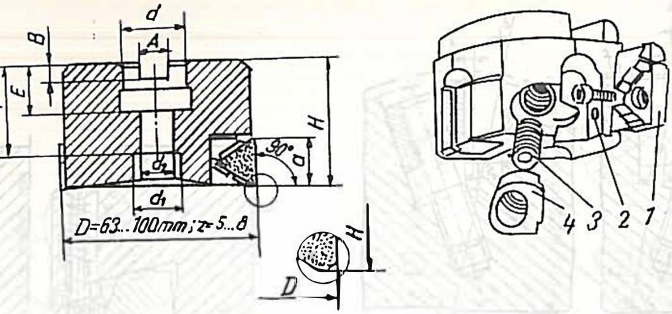


Fig. 6.74

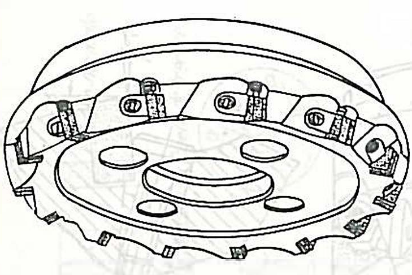


Fig. 6.75

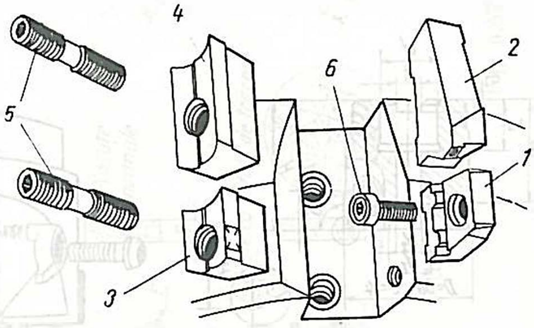


Fig. 6.77

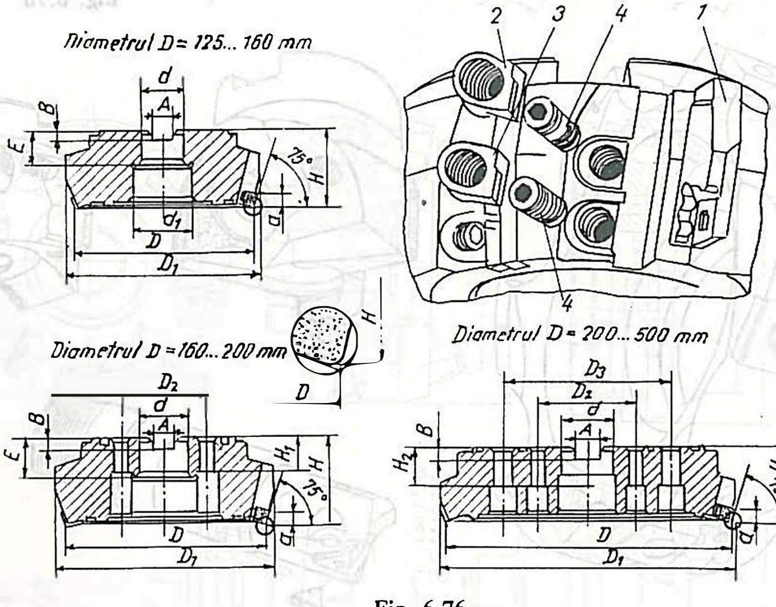


Fig. 6.76

prezintă capete de frezat cu diametre sub 100 mm cu alezaj, tabelul 6.27 conţinând principalele elemente constructive şi geometrice.

Figurile 6.80 şi 6.81 cuprind capete de frezat asemănătoare, dar cu plăcuţe pătrate, iar tabelele 6.28 şi 6.29, elementele principale ale acestora.

Pentru capete de frezat de dimensiuni peste 100 mm soluţia constructivă cea mai utilizată este cuprinsă în STAS 9211-73.

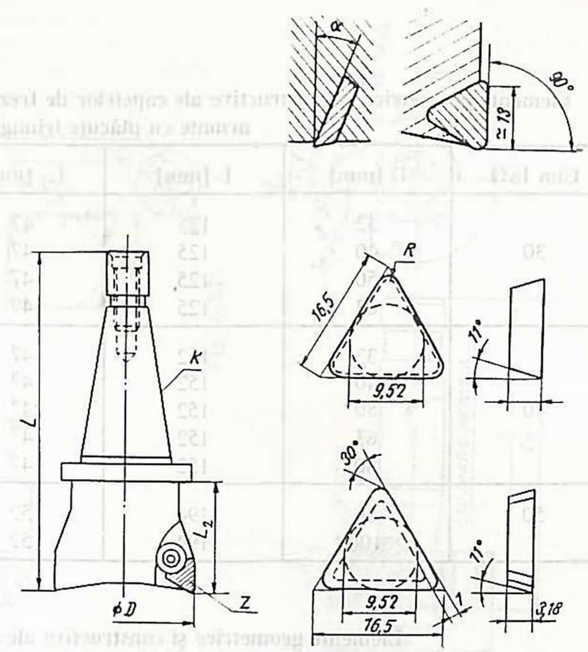


Fig. 6.78

6.7. FREZE DISC

Sunt freze cilindrice sau cilindro-frontale având lăţimea mică în raport cu diametrul.

După modul de repartiţie a dinţilor se deosebesc:

- freze cu un singur rând de tăişuri, dispus pe suprafaţa cilindrică;
- freze cu două rânduri de tăişuri, dispuse unul pe suprafaţa cilindrică şi unul pe suprafaţa frontală;
- freze cu trei rânduri de tăişuri, dispuse unul pe suprafaţa cilindrică şi celelalte două pe cele două suprafeţe frontale.

Frezele disc se execută cu coadă pentru diametre între 4 şi 45 mm şi cu alezaj pentru diametre între 30 şi 1000 mm. Frezele circulare de tip fierăstrău pentru debitarea metalelor, având un singur rând de tăişuri se construiesc întotdeauna cu alezaj.

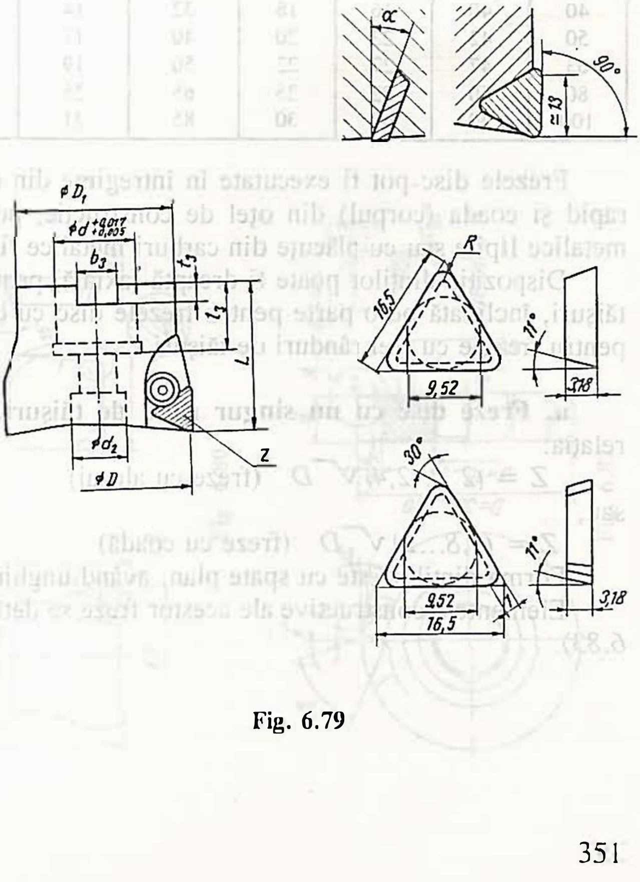


Fig. 6.79

Tabelul 6.26

Elemente geometrice şi constructive ale capetelor de frezat cu alezaj cu diametre sub 100 mm, armate cu plăcuţe triunghiulare

Con ISO	D [mm]	L [mm]	L_2 [mm]	α	Z
30	32	125	47	-	2
	40	125	47	-	3
	50	125	47	5	3
	63	125	47	5	4
40	32	152	47	-	2
	40	152	47	-	3
	50	152	47	5	3
	63	152	47	5	4
	80	152	47	7	5
50	80	194	52	7	5
	100	194	52	7	6

Tabelul 6.27

Elemente geometrice şi constructive ale capetelor de frezat cu alezaj cu diametre sub 100 mm, armate cu plăcuţe triunghiulare

D [mm]	L [mm]	d [mm]	l_3 [mm]	D_1 [mm]	d_2 [mm]	b_3 [mm]	f_3 [mm]	α [°]	Z
40	40	16	18	32	14	8,4	5,6	-	3
50	42	22	20	40	17	10,4	6,3	5	3
63	47	27	22	50	19	12,4	7	5	4
80	50	32	25	65	25	14,4	8	7	5
100	50	40	30	85	31	16,5	9	7	6

Frezele disc pot fi executate în întregime din oţel rapid, cu partea activă din oţel rapid şi coada (corpul) din oţel de construcţie, pot fi armate cu plăcuţe din carburi metalice lipite sau cu plăcuţe din carburi metalice fixate mecanic.

Dispoziţia dinţilor poate fi dreaptă (axială) pentru freze cu unul sau trei rânduri de tăişuri, înclinată pe o parte pentru frezele disc cu două rânduri de tăişuri şi în zig-zag pentru frezele cu trei rânduri de tăişuri.

a. Freze disc cu un singur rând de tăişuri. Numărul de dinţi se stabileşte cu relaţia:

$$Z = (2 \ldots 2{,}4)\sqrt{D} \quad \text{(freze cu alezaj)} \qquad (6.85)$$

sau,

$$Z = (1{,}8 \ldots 2)\sqrt{D} \quad \text{(freze cu coadă)} \qquad (6.86)$$

Forma dinţilor este cu spate plan, având unghiul $\nu = 55° - 60°$.

Elementele constructive ale acestor freze se determină după cum urmează (fig.6.82, 6.83).

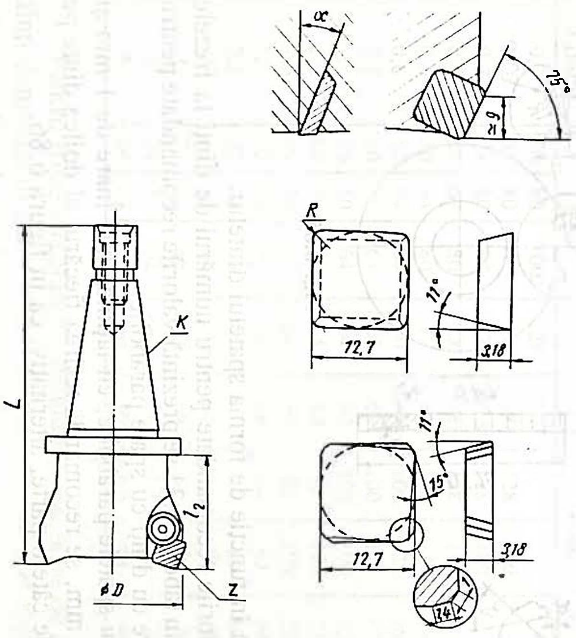


Fig. 6.80

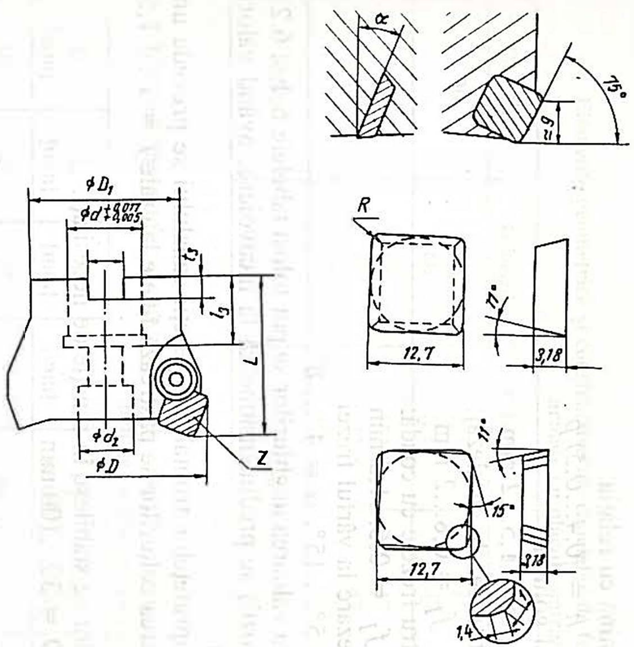


Fig. 6.81

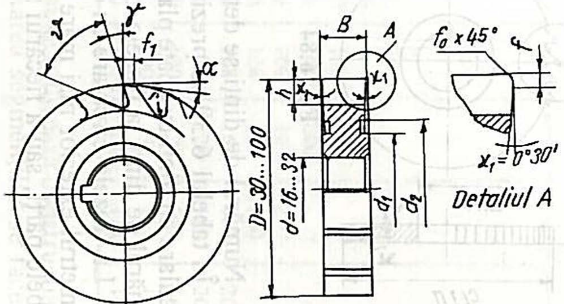


Fig. 6.82

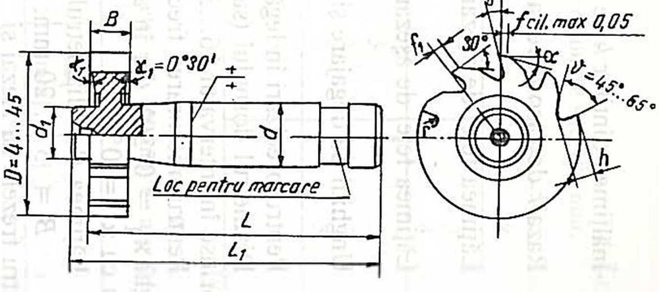


Fig. 6.83

Înălţimea dinţilor h se determină cu relaţia:

$$h = (0,4...0,5)\,p$$

Raza r de racordare la fundul golului:

$$r = 1,5...2 \text{ mm}$$

Lăţimea feţei de aşezare pentru frezele cu alezaj:

$$f_1 = 0,8...2 \text{ mm}$$

Lăţimea feţei de aşezare pentru frezele cu coadă:

$$f_1 = 0,6...1,5 \text{ mm}$$

Unghiul de degajare şi de aşezare la vârful frezei

$$\gamma = 5°...\ 15°,\ \alpha = 4°...\ 8°$$

Pentru precizări în legătură cu valoarea unghiurilor se pot folosi tabelele 6.1 şi 6.2.

Diametrul dornului (sau al cozii) se predimensionează la încovoiere, având valori cuprinse în intervalul 16...32 mm.

Pentru micşorarea frecării suprafeţelor frontale de pereţii canalului se prevede un unghi $\varkappa_1 = 0°30'$, dar în apropierea colţurilor se păstrează feţele laterale $f = 1 ... 1,5$ mm cu $\varkappa_1 = 0°$.

Lăţimea B şi diametrul exterior se stabilesc în funcţie de necesităţi:

B = 3 ... 20 mm; D = 30...100 mm

pentru frezele cu alezaj şi

B = 1 ... 10 mm; D = 4... 45 mm

pentru frezele cu coadă.

Frezele fierăstrău pentru debitarea metalelor (numite şi freze circulare) au lăţimi sub 10 mm.

Până la diametrul de 315 mm se execută monobloc din oţel rapid, cu dinţi deşi sau normali, având spatele dinţilor plan, sau cu dinţi rari şi foarte rari, la care spatele dinţilor este parabolic (fig.6.84 şi 6.85).

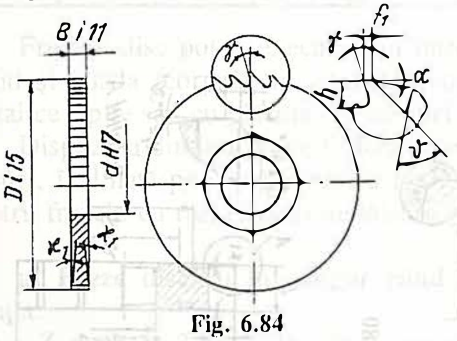


Fig. 6.84

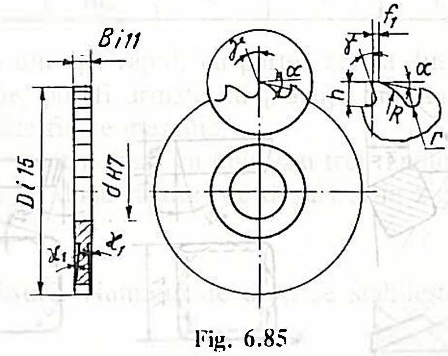


Fig. 6.85

Numărul de dinţi se determină în funcţie de forma spatelui dintelui.

În tabelul 6.30 se prezintă valorile recomandate pentru numărul de dinţi la frezele circulare cu dinţi cu spate plan, iar în tabelul 6.31 se prezintă valorile recomandate pentru numărul de dinţi la frezele circulare cu dinţi cu spate parabolic.

La frezele circulare cu dinţi cu spatele parabolic, cu lăţimea mai mare de 1 mm şi diametrul exterior mai mare de 50 mm, se recomandă teşirea fiecărui al doilea dinte pe ambele părţi, sau a fiecărui dinte pe câte o parte, alternativ, ca în figura 6.86.

Tabelul 6.28

Elemente geometrice şi constructive ale capetelor de frezat cu diametre sub 100 mm, armate cu plăcuţe pătrate

Con ISO	D [mm]	L [mm]	L_2 [mm]	α°	Z
30	50 60	125 125	47 47	5 5	3 4
40	50 63 80	152 152 152	47 47 47	5 5 7	3 4 5
50	80 100	194 194	52 52	7 7	5 6

Tabelul 6.29

Elemente geometrice şi constructive ale capetelor de frezat cu diametre sub 100 mm cu alezaj, armate cu plăcuţe pătrate

D [mm]	L [mm]	d [mm]	l_3 [mm]	D_1 [mm]	d_2 [mm]	b_3 [mm]	f_3 [mm]	α [°]	Z
50	42	22	20	40	17	10,4	6,3	5	3
63	47	27	22	50	19	12,4	7	5	4
80	50	32	25	65	25	14,4	8	7	5
100	50	40	30	85	31	16,5	9	7	6

Tabelul 6.30

Valori recomandate pentru numărul de dinţi ai frezelor cu dinţi cu spate plan

D [mm]	20	25	30	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
d [mm]	5	8	8	10	13	16	22	22	22	32	32	32	40
B [mm]	Numărul de dinţi												
0,2	80	80	100	128	128								
0,25	64	80	100	100	100	128	160						
0,3	64	80	80	100	128	128	160						
0,4	64	64	80	100	100	128	160						
0,5	50	64	80	80	80	100	128	160					
0,6	50	64	64	80	100	100	128	160	160				
0,8	50	50	64	80	80	100	128	128	160				
1	40	50	64	64	80	100	100	128	160	160	200		
1,2	40	50	50	64	80	80	100	128	128	160	200		
1,6	40	40	50	64	64	80	100	100	128	160	160	200	
2	32	40	50	50	64	80	80	100	128	128	160	200	
2,5	32	40	40	50	64	64	80	100	100	128	160	160	200
3	32	32	40	50	50	64	80	80	100	128	128	160	200
4	24	32	40	40	50	64	64	80	100	100	128	160	160
5	24	32	32	40	50	50	64	80	80	100	128	128	160
6	24	24	32	40	40	50	64	64	80	100	100	128	160

Pentru freze circulare cu diametrul mai mare de 250 mm se utilizează construcţia cu dinţi demontabili sub forma de segmenţi din oţel rapid. Fixarea segmenţilor se face cu nituri pe discul cilindric (fig.6.87).

Tabelul 6.31

Valori recomandate pentru numărul de dinţi ai frezelor cu dinţi cu spate parabolic

D[mm]	50	63	80	100	125	160	200	250	315
d[mm]	13	16	22	22	22	32	32	32	40
B[mm]	Numărul de dinţi								
0,5	50	64							
0,6	50.	64	64	80					
0,8	50	50	64	80	80				
1	40	50	64	64	80	100			
1,2	40	50	50	64	80	100	100		
1,6	40	40	50	64	80	80	100	128	
2	32	40	50	64	64	80	100	100	
2,5	32	40	50	50	64	80	80	100	128
3	32	40	40	50	64	64	80	100	100
4	32	32	40	50	50	64	80	80	100
5	24	32	40	40	50	64	64	80	100
6	24	32	32	40	50	50	64	80	80

Aceste freze cu dinţi cu spate parabolic prevăzuţi cu teşituri la 45° din doi în doi dinţi.

Înălţimea h a dinţilor este variabilă de la dinte la dinte (din doi în doi) cu valoarea h_0, cu dinţi fără teşitură având înălţimea h-h_0.

Dimensiunile dinţilor frezelor executate din segmente (prezentate în figura 6.87) sunt recomandate în tabelul 6.32.

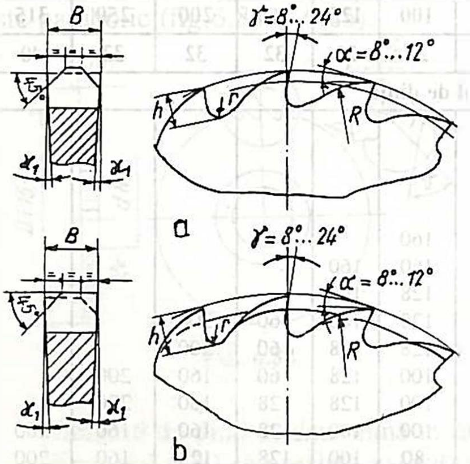


Fig. 6.86

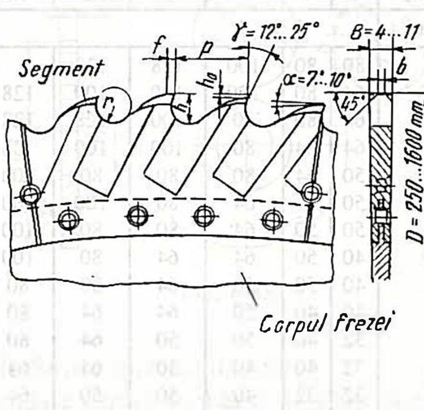


Fig. 6.87

Elementele geometrice ale dinţilor se aleg din tabelul 6.33.

Soluţii constructive de freze pentru retezat sunt cuprinse în STAS 1159-86 şi 6734-84, iar forma şi dimensiunile segmentelor în STAS 6734-84.

Tabelul 6.32

Valori recomandate pentru valorile dinţilor

Pasul *p*, în mm	**Înălţimea dintelui, în mm**	**Dublul razei *r*, în mm**	**Valoarea h_0, în mm**
6	2,4	3,0	0,2
7	2,8	3,5	0,2
8	3,2	4,0	0,2
9	3,6	4,5	0,2
10	4,0	5,0	0,3
12	4,8	6,0	0,3
14	5,6	7,0	0,3
16	6,4	8,0	0,3
18	7,2	9,0	0,3
20	8,0	10,0	0,3
22	8,8	11,0	0,4
24	9,6	12,0	0,4
26	10,4	13,0	0,4
28	11,2	14,0	0,4
30	12,0	15,0	0,4
32	12,8	16,0	0,4
34	13,6	17,0	0,4
36	14,4	18,0	0,5
38	15,2	19,0	0,5
40	16,0	20,0	0,5

Tabelul 6.33

Valori recomandate pentru parametrii geometrici ai frezelor circulare

Natura materialului de prelucrat	**Unghiul de degajare γ°**		**Unghiul de aşezare α°**	
	Dinte cu spate plan	**Dinte cu spate parabolic**	**Dinte cu spate plan**	**Dinte cu spate parabolic**
Materiale uşor aşchiabile	15-24	18-30	12-15	10-12
Materiale normal aşchiabile	8-14	10-18	9-11	7-9
Materiale greu aşchiabile	0-7	0-10	6-8	4-6

b. Freze disc cu două rânduri de tăişuri. Se deosebesc de frezele cilindro-frontale prin lăţimea mai mică. Se execută pentru diametre mici în întregime din oţel rapid, iar pentru diametre mai mari cu dinţi demontabili sub forma de lamele din oţel rapid sau armate cu plăcuţe din carburi metalice (fig.6.88, 6.89, 6.90).

Determinarea diametrului exterior se face în funcţie de necesităţi, în intervalul 30...300 mm. Lăţimea *B* a frezelor variază între 8 şi 250 mm şi în funcţie de diametru.

Numărul dinţilor se determină cu relaţia (6.30) dar se verifică din punct de vedere constructiv dacă valoarea calculată permite o formă echilibrată.

Tăişurile de pe partea cilindrică sunt înclinate pe dreapta cu unghiul ω pentru a se imprima tăişurilor frontale unghiuri de degajare pozitive. În acest caz, tăişurile de pe partea frontală sunt înclinate spre stânga. La frezele monobloc spatele dinţilor se execută dublu plan cu faţetă sau monobloc.

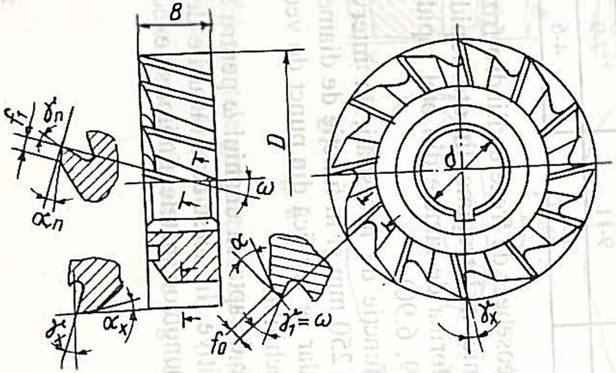


Fig. 6.88

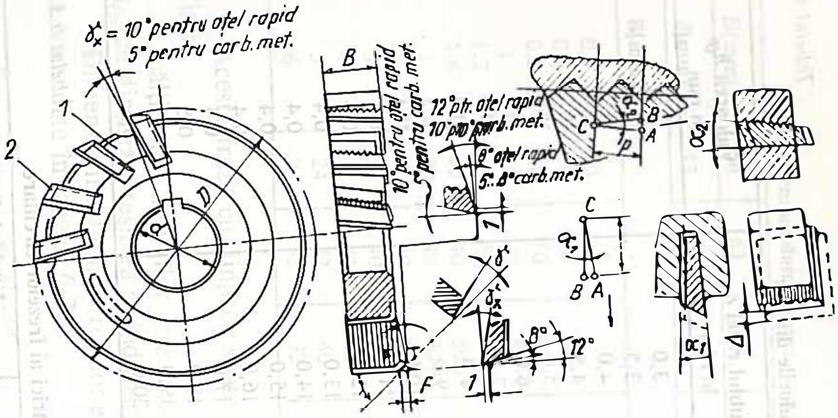


Fig. 6.89

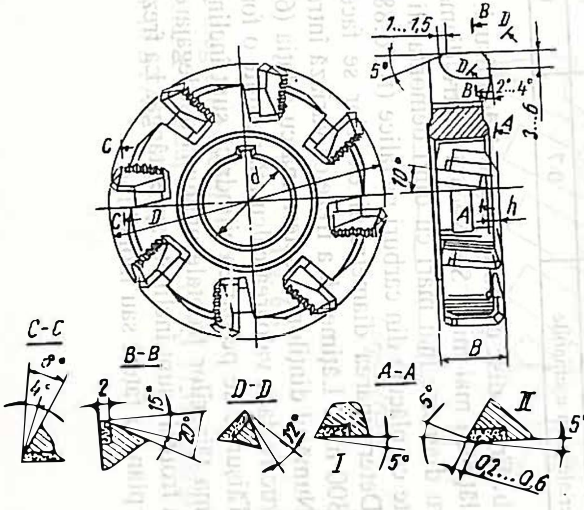


Fig. 6.90

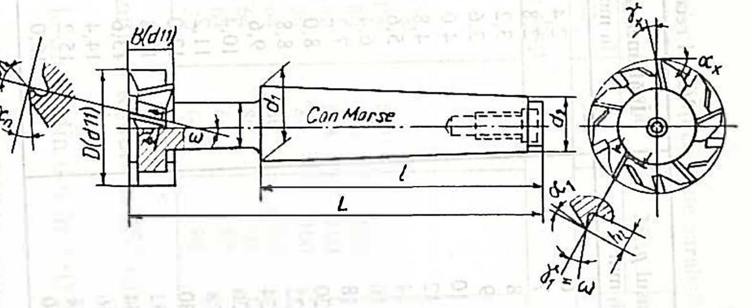


Fig. 6.91

La frezele cu dinţi demontabili, fixarea lamelor se face de regulă prin zimţi radiali, ceea ce permite reglarea lor radială şi axială.

Lamele cu tăişuri se mai pot fixa prin zimţi axiali şi pană dublă, sau prin pene şi ştifturi conice.

c. Freze disc cu trei rânduri de tăişuri. Se execută cu coadă pentru diametre mai mici de 45 mm şi cu alezaj pentru diametre mai mari de 45 mm. Se realizează integral din oţel rapid la dimensiuni mici şi din oţel de construcţie cu dinţi asamblaţi din oţel rapid sau carburi metalice la dimensiuni mari.

Frezele disc cu coadă se construiesc cu dinţi drepţi, paraleli cu axa frezei, sau cu dinţi înclinaţi alternativ pe dreapta şi pe stânga cu unghiul ω = 5°... 15°. Ca urmare, unghiul de degajare rezultă pozitiv din doi dinţi pe feţele laterale, tăişurile frontale cu unghi de degajare negativ anulându-se prin frezare (fig.6.91). La frezele cu dinţi drepţi ambele tăişuri laterale au γ_l = 0 (fig.6.92).

Diametrul exterior şi lăţimea frezelor cu coadă se stabilesc în funcţie de necesităţi în intervalele: D = 12,5 ... 95 mm; B = 4 ... 44 mm.

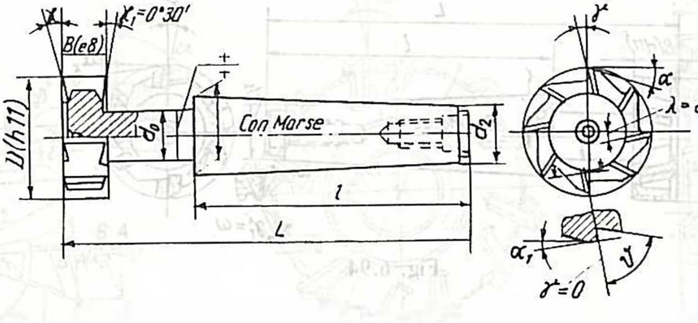
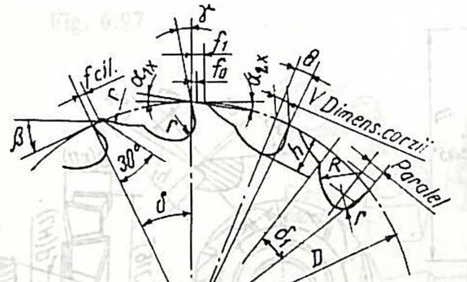


Fig. 6.92



$$p = \frac{D \times \pi}{z}; \quad \delta = \frac{360°}{z};$$

$$h = \frac{p \times Z}{(Z \times 25)+5}, \quad \delta_1 = \frac{\delta}{2} + 1°;$$

$$f_1 = (0{,}1 \times p) + 0{,}6; \quad \beta = 14° + \frac{360°}{z+12};$$

$$f_0 = \frac{D+g}{10} \times 0{,}15; \quad \theta = \frac{tg\,\omega \times \beta \times 180°}{\pi \times D/2};$$

$$f_{cil} = (0{,}5 \times f_1) - 0{,}3; \quad V = \frac{\sin\theta}{2} \times D;$$

$$r = 0{,}45 \times h$$

Fig. 6.93

Numărul de dinţi la frezele cu tăişuri drepte se stabileşte cu relaţia

$$Z = (1,7...2)\ D \qquad (6.86)$$

iar forma dinţilor este cu spate plan, dinţii dimensionându-se cu relaţiile (6.5)...(6.11).

La frezele cu dinţi înclinaţi (fig.6.91) se utilizează forme ale spatelui dublu plane cu racordare la bază. Uneori, a doua faţă plană se înlocuieşte cu o faţă curbă cu rază mare

de racordare r. În primul caz se utilizează pentru proiectare relaţiile (6.12)...(6.17), iar în al doilea caz, relaţiile prezentate în continuare (vezi şi figura 6.93).

$$p = \pi D/Z$$
$$\delta = 360/Z$$
$$h = pZ/[(Z+25) +5]$$
$$\delta_1 = (\delta/2) + 1$$
$$f_1 = (0,1\ p) + 0,6$$
$$\beta = 14° + 360°/(Z+12) \qquad (6.87)$$
$$f_0 = 0,15(D+g)/10$$
$$\theta = (2\ \beta\ 180°\ tg\omega)/(\pi D)$$
$$f_{cil} = (0,5\ f_1) - 0,3$$
$$V = (D/2)\ \sin\theta$$
$$r = 0,45\ h$$

Numărul de dinţi se calculează cu relaţia:

$$Z = (1\ ...\ 1,4)\sqrt{D}$$

fiind mai mare la frezele care prelucrează materiale mai greu aşchiabile.

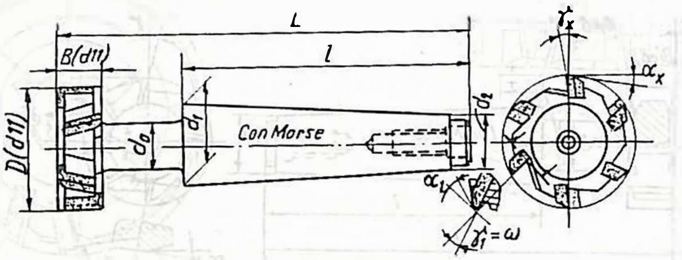


Fig. 6.94

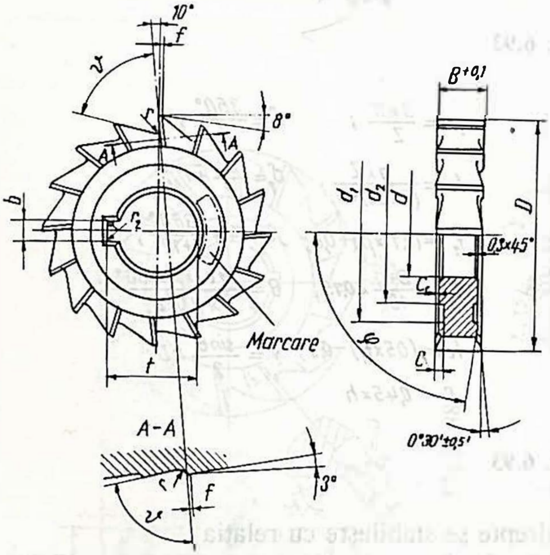


Fig. 6.95

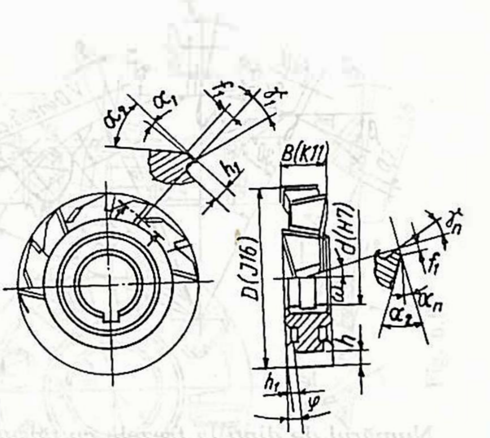


Fig. 6.96

La prelucrarea materialelor dure dinţii acestor freze se armează cu plăcuţe din carburi metalice lipite, având corpul din oţel rapid sau de construcţii.

Frezele cu alezaj se execută în întregime din oţel, sau armate cu plăcuţe din carburi metalice lipite sau fixate mecanic. Pot fi cu dinţi drepţi sau înclinaţi alternativ cu unghiuri $\omega = 5° ... 20°$.

Dinţii pot fi cu spate simplu sau cu spate dublu plan (fig.6.95) şi (fig.6.96) şi se dimensionează în acelaşi fel ca la frezele cu coadă.

Diametrul exterior şi lăţimea se aleg în funcţie de necesităţi, în domeniile:

$D = 50 ... 160$ mm; $B = 4 ... 32$ mm.

Dinţii frontali pot fi prevăzuţi cu înălţimea h_1 constantă de-a lungul tăişului sau cu înălţimea descrescătoare către centrul frezei, fundul canalului fiind înclinat cu unghiul φ (fig.6.97) care se calculează cu relaţia:

$$\varphi = 90° - \varepsilon$$

în care:

$$\cos \varepsilon = tg\, \delta \;\; ctg\, \nu$$

Celelalte elemente geometrice şi constructive se aleg ca la frezele disc cu coadă.

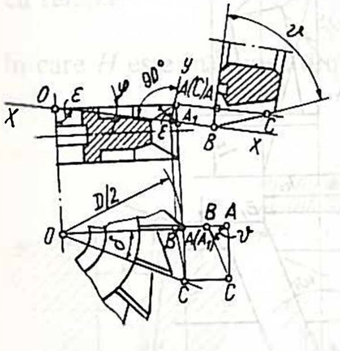


Fig. 6.97

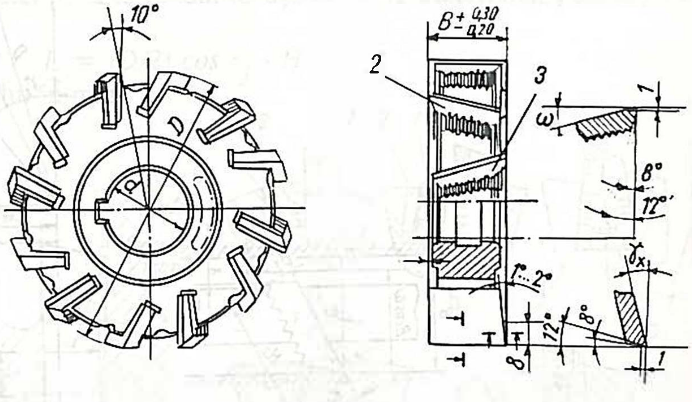


Fig. 6.98

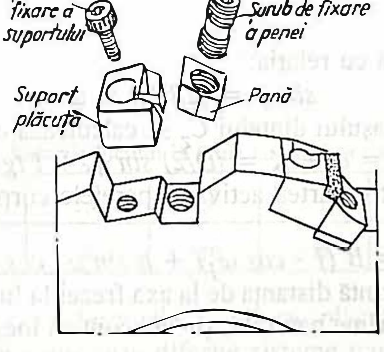


Fig. 6.99

Frezele disc de dimensiuni mari, având trei rânduri de tăişuri se execută cu dinţi demontabili sub formă de lame fixate radial, sau cu plăcuţe din carburi metalice fixate (ca în figura 6.98 şi figura 6.99).

Pentru frezele disc sau pentru alte scule similare, pentru calculul dimensiunilor dintelui şi ale locaşului în care acesta se montează, se determină mai întâi diametrul frezei D, lăţimea frezei B, unghiul de degajare în planul frontal γ_f, unghiul de înclinare a dintelui la diametrul exterior ω şi ieşirea în afară a dinţilor pe partea frontală l (fig. 6.100).

Pentru determinarea unghiului ω_1 se consideră că tăişul este rectiliniu în ambele proiecţii. Conform figurii 6.100 rezultă:

$$tg\ \omega_1 = h_1/B = (D/2B)[sin\ (\gamma_f + \psi) - sin\ \gamma_f] \quad (6.88)$$

în care:

$$h_1 = (D/2)\ sin\ (\gamma_f + \psi) - a \quad (6.89)$$

iar

$$a = (D/2)\ sin\ \gamma_f \quad (6.90)$$

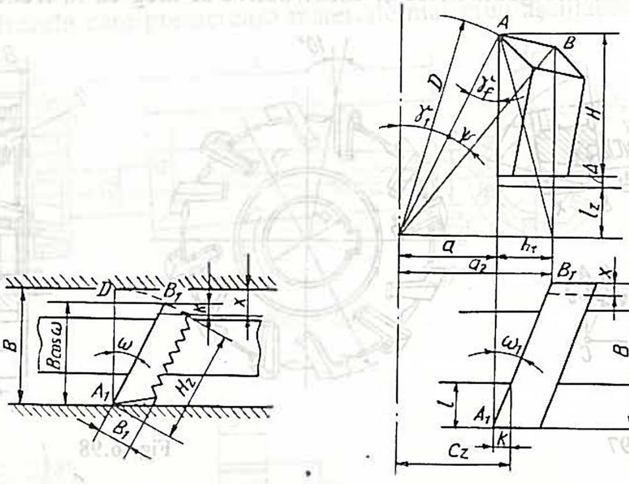


Fig. 6.100

Unghiul ψ se determină cu relaţia:

$$sin\ \psi = (2B/D)\ tg\ \omega \quad (6.91)$$

Mărimea deplasării locaşului dintelui C_z se calculează cu relaţia:

$$C_z = a + K = (D/2)\ sin\ \gamma_f + l\ tg\ \omega_1 \quad (6.92)$$

Mărimea jocului x dintre partea activă şi peretele corpului frezei se determină cu relaţia:

$$x = B\ (1 - cos\ \omega_1) + h\ sin\ \omega_1\ cos\ \omega_1 \quad (6.93)$$

Marimea l_z, care reprezintă distanţa de la axa frezei la fundul locaşului, se determină după desenarea frezei în mărime naturală, ţinând cont că locaşul se execută cu 3...4 mm mai lung decât dintele.

Pentru calculul lăţimii fundului locaşului, se utilizează relaţia:

$$L = g_m - j\ tg\ 5° - (0,2...0,3)\ \text{mm} \quad (6.94)$$

în care: g_m este grosimea dintelui (adoptată pe linia mijlocie a zimţilor) la capătul mai

îngust al dintelui; j este jocul între fundul locaşului şi dinte ($j \approx 3 \dots 4$ mm).

În figura 6.101,*a* se prezintă poziţia dintelui zimţat, iar în figura 6.101,*b* se prezintă poziţia dintelui neted, înainte şi după presare.

Înălţimea dintelui se determină cu relaţia:

$$H = (D/2) \cos \gamma_f - l_z - j \qquad (6.95)$$

În cazul sculelor cu dinţi presaţi (fără zimţi) (fig.6.101,*b*), canalele trapezoidale frezate în corpul sculei au o înclinare de 1°, care să asigure autofixarea. În acest canal se presează dinţii plaţi şi subţiri, în stare călită.

Lăţimea locaşului dintelui se determină cu relaţia:

$$a_1 = a - j \, tg \, 1° \qquad (6.96)$$

în care j este jocul, ale cărui valori sunt recomandate, în funcţie de diametrul sculei, în tabelul 6.34.

Pentru asigurarea unei fixări corespunzătoare a dinţilor, se recomandă ca unghiul acestora să fie de 1°. Pentru canale, unghiul de înclinare se va face cu 20' ... 30' mai mic, astfel încât, la presarea lor, dinţii să adere mai strâns la pereţii locaşului în partea superioară a acestuia.

Distanţa de la centrul sculei până la fundul locaşului l_z, se determină, pentru $j=0$, cu relaţia:

$$l_z = (D/2) \cos \gamma_f - H$$

în care H este înălţimea dintelui în mm.

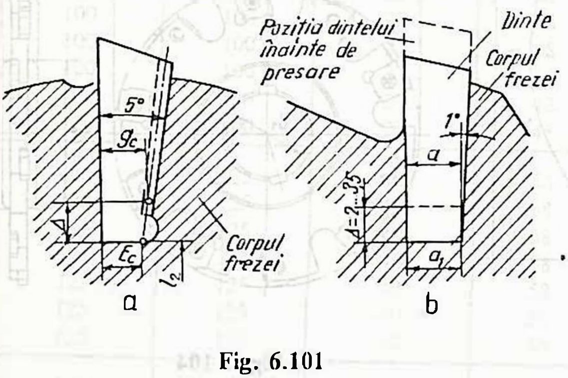


Fig. 6.101

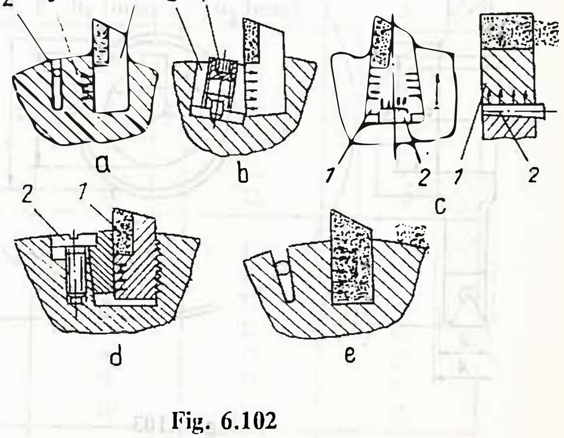


Fig. 6.102

Tabelul 6.34

Valorile jocului la scule cu dinţi presaţi

j [mm]	2,3	2,5	2,8	2,8	3,1	3,1	3,1	3,1
D [mm]	60	75	90	110	130	150	175	200

În cazul construcţiilor moderne de scule cu plăcuţe din carburi metalice sau mineralo-ceramice fixate mecanic prin diferite sisteme (cu bridă, cu bridă si alezaj, cu şurub prin alezaj etc.), modul de calcul al dimensiunilor şi poziţionării canalului de prindere din corpul acestora decurge asemănător, putând fi cu uşurinţă încadrat în unul din cazurile tratate anterior.

Spre exemplificare, pentru freza prezentată în figura 6.99,*b*, canalul în care se blochează pana de fixare a plăcuţei se calculează cu relaţiile (6.96) şi (6.97).

În figura 6.102 se prezintă soluţii constructive pentru fixarea mecanică a plăcuţelor din carburi metalice în corpul frezei.

În figurile 6.103 şi 6.104 sunt prezentate soluţii constructive de freze disc cu trei tăişuri armate cu plăcuţe din carburi metalice fixate mecanic, iar în tabelele 6.35, 6.36 şi 6.37 sunt prezentate principalele elemente constructive ale acestora.

Tabelul 6.35

Lăţimile frezelor disc cu trei tăişuri din figura 6.104

Mărimea plăcuţei	B [mm] Lăţimea de aşchiere	A = B+mm
1	10 ... 17	2
2	16 ... 26	2
3	21 ... 36	2,5

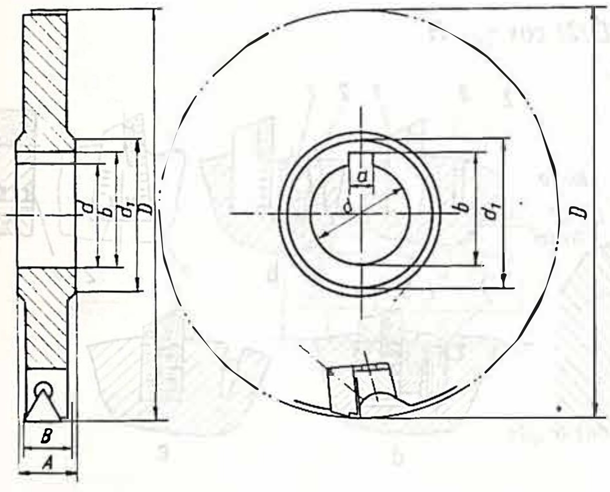


Fig. 6.103

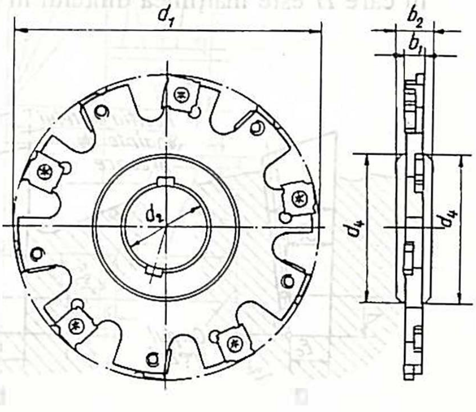


Fig. 6.104

În STAS 570-75, 1682-80, 2214-86, 2215-86, 4083-82 şi 5257-80 se prezintă diferite tipuri constructive de freze disc cu două sau trei tăişuri.

6.8. FREZE UNGHIULARE

Se execută cu coadă pentru diametre sub 40 de mm şi cu alezaj pentru diametre mai mari (fig.6.105 şi 6.106).

Se construiesc în pricipal din oţel rapid iar în anumite cazuri dificile de prelucrare se armează cu plăcuţe din carburi metalice lipite sau fixate macanic ca în fig. 6.107.

Diametrul exterior al frezelor unghiulare se stabileşte în funcţie de adâncimea de

frezare şi de diametrul alezajului şi este cuprins între 30 şi 100 mm, iar lăţimea lor *B* este cuprinsă în intervalul 6...36 mm, în funcţie de diametrul exterior şi de unghiul la vârf β.

Tabelul 6.36

Dimensiunile principale ale frezelor disc cu trei tăişuri din figura 6.104

D [mm]	Numărul plăcuţelor		Dimensiuni [mm]				Mărimea plăcuţei	
	Pas normal	Pas micşorat	d [mm]	d_1 [mm]	a [mm]	b [mm]	Pas normal	Pas micşorat
80	5	6	27	42	7	29,4	1	1
100	6	8	32	48	8	34,8	1-2	1
125	8	10	40	58	10	43,5	1-2	1-2
160	10	12	40	58	10	43,5	1-2-3	1-2
200	12	14	50	70	12	53,6	1-2-3	1-2-3
250	14	16	50	70	12	53,6	1-2-3	1-2-3

Tabelul 6.37

Dimensiunile principale ale frezelor disc cu plăcuţe tangenţiale din figura 6.105

D_{nom} [mm]	d_1 [mm]	d_2 H7 [mm]	d_4 [mm]	b_1 [mm]	b_2 [mm]	Z
100	100	27	48	4	12	12
100	100	27	48	5	12	12
100	100	27	48	6	12	10
100	100	27	48	7	12	9
100	100	27	48	8	12	9
100	100	27	48	10	12	10
125	125	40	58	4	12	14
125	125	40	58	5	12	14
125	125	40	58	6	12	12
125	125	40	58	7	12	12
125	125	40	58	8	12	12
125	125	40	58	9	12	12
125	125	40	58	10	12	12
160	160	40	68	4	12	18
160	160	40	68	5	12	18
160	160	40	68	6	12	15
160	160	40	68	7	12	16
160	160	40	68	8	12	16
160	160	40	68	9	12	16
160	160	40	68	10	12	16
200	200	50	72	6	12	18
200	200	50	72	8	12	18
200	200	50	72	10	12	18

Numărul de dinţi se calculează cu relaţia

$$Z = (2,2...2,5)\sqrt{D} \qquad (6.98)$$

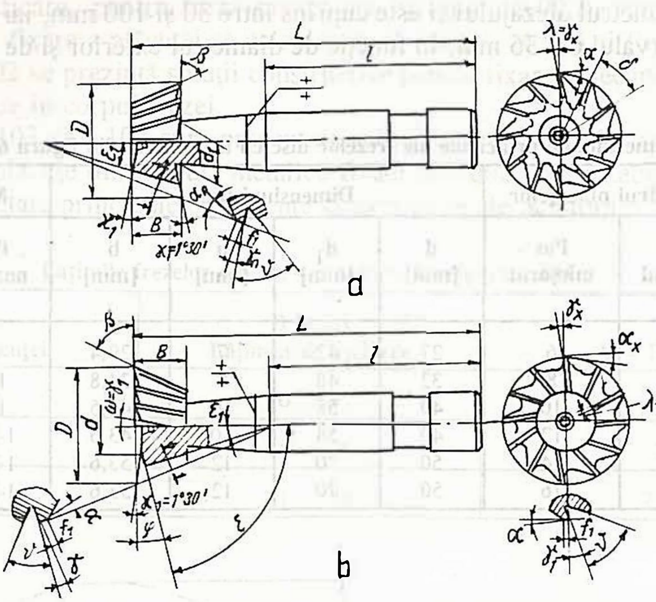


Fig. 6.105

Această relaţie corespunde frezelor pentru semifinisare şi finisare, la care dinţii şunt cu spate simplu plan.

La frezele pentru degroşare (fig.6.106,*a*) spatele dintelui se obţine prin detalonare, tăişurile fiind prevăzute cu fragmentatori de aşchii asemănători celor de la frezele cilindrice sau cilindro-frontale.

Numărul de dinţi ai acestor freze este mai mic, determinându-se cu relaţia (6.99)

$$Z = \sqrt{D} \qquad (6.99)$$

La frezele unghiulare unghiul β se determină în funcţie de necesităţi, putând lua valori între 20° şi 90°.

Parametrii geometrici se determină în acelaşi mod ca la frezele disc cu un singur rând de tăişuri (vezi şi tabelele 6.1 şi 6.2). Deoarece înclinarea fundului canalelor de evacuare a aşchiilor ε nu coincide cu înclinarea generatoarei exterioare, este obligatoriu ca pe desenul de execuţie să fie trecute valorile ε_1 şi ε_2 ale înclinării fundului canalalor faţă de axa sculei, care se calculează cu relaţia

$$\varepsilon_i = arctg[\cos(360/Z) ctg\beta_i] - \arcsin\{tg(360/Z) ctg\nu \sin[arctg(\cos 360/Z ctg\beta_i)]\}$$

în care:- Z este numărul de dinţi ai frezei; ε_i- unghiul tăişului frezei faţă de perpendiculara pe axa acesteia (la frezele biunghiulare exista deci β_1 şi β_2); ν- unghiul de profil al canalului.

Înălţimea maximă reală a dintelui se calculează cu relaţia:

$$h_1 = (D/2)\cos(\varepsilon_1 + \beta_1)/\cos\beta_1 - f/(\cos\delta\, tg\nu) \qquad (6.101)$$

Mărimea faţetei *f* se alege între 1...2 mm.

În STAS 3541-80, 3542-80, 3543-80, 5145-80, 5651-80 se prezintă diverse soluţii constructive de freze unghiulare.

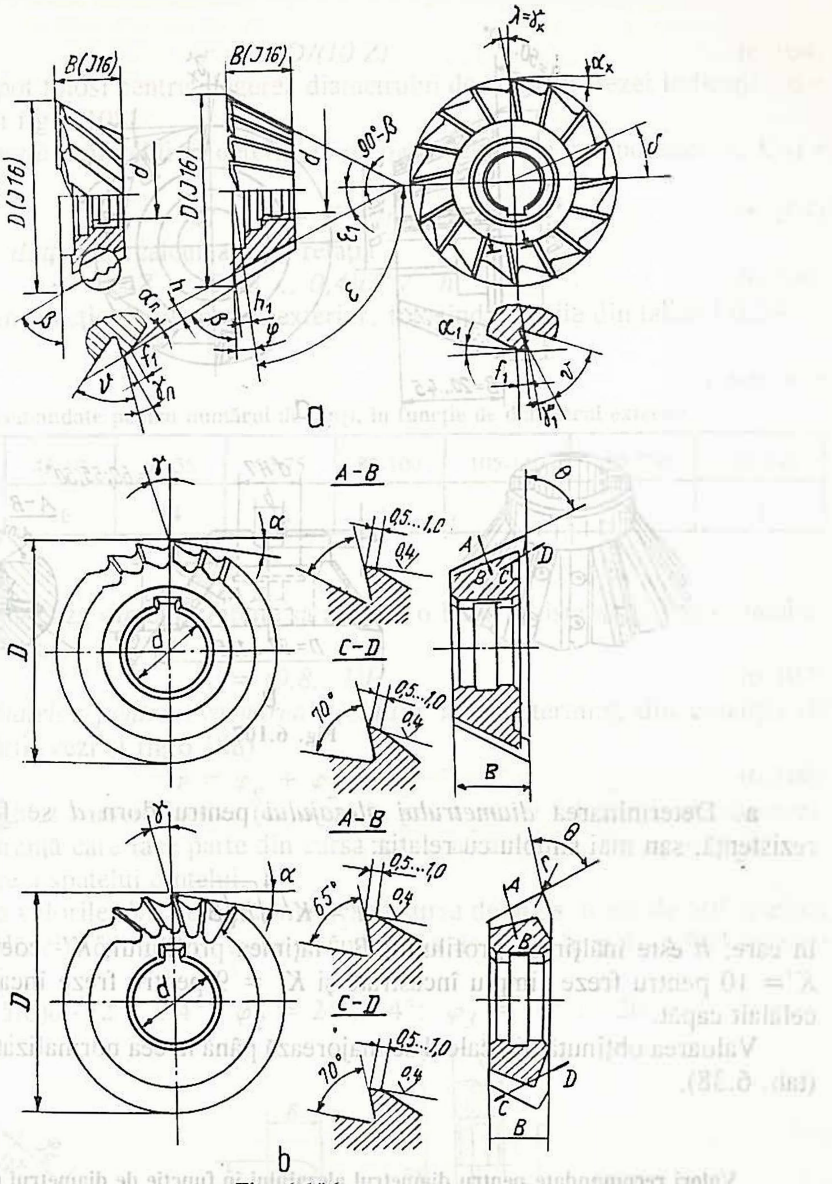


Fig. 6.106

6.9. FREZE PROFILATE

Sunt freze cu generatoarea profilată, la care faţa de aşezare se obţine prin detalonare în vederea menţinerii nemodificate a profilului după reascuţirile care se execută numai pe faţa de degajare.

Se execută de regulă din oţel rapid, în construcţii monobloc cu alezaj (foarte rar cu coadă). În unele cazuri, când materialul de prelucrat are durităţi mari, se pot utiliza freze cu plăcuţe din carburi metalice lipite.

Determinarea elementelor constructive cuprinde următoarele etape:

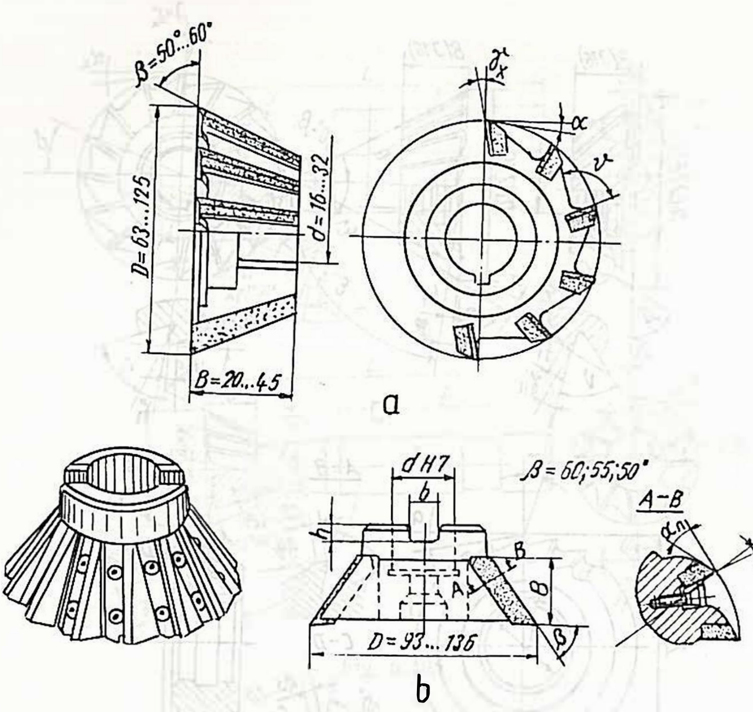


Fig. 6.107

a. Determinarea *diametrului alezajului* pentru dorn *d* se face din condiţii de rezistenţă, sau mai simplu cu relaţia:

$$d = K'\sqrt[4]{h\sqrt{B}} \tag{6.102}$$

în care: *h* este înălţimea profilului; *B* - lăţimea profilului; *K'*- coeficient ce ia valorile *K'*= 10 pentru freze simplu încastrate şi *K'* = 9 pentru freze încastrate şi rezemate la celălalt capăt.

Valoarea obţinută din calcul se majorează până la cea normalizată imediat superioară (tab. 6.38).

Tabelul 6.38

Valori recomandate pentru diametrul alezajului în funcţie de diametrul exterior al frezei

D [mm]	40-50	50-60	60-70	70-90	90-120	125-180	180-230
d [mm]	16	16	22	27	32	40	50

b. *Diametrul exterior* se calculează cu relaţia

$$D = d + 2m + 2h + 2K + 2r \tag{6.103}$$

în care: *m* este grosimea corpului frezei, care are valoarea *m* = (0,4...0,5)*d*; *h*- înălţimea profilului frezei (fig.6.108); *K* - adâncimea de detalonare; *r* - raza fundului canalului, determinată cu relaţia:

$$r = \pi D/(10\,Z) \qquad (6.104)$$

În general, se pot folosi pentru alegerea diametrului dornului şi frezei indicaţiile din tabelul 6.38 (vezi şi fig.6.108).

c. ***Înălţimea totală*** a dintelui se determină pe baza celor trei componente h, K şi r cu relaţia

$$H = h + K + r \qquad (6.105)$$

d. *Numărul de dinţi* Z se calculează cu relaţia

$$Z = (0{,}35\ \dots\ 0{,}4)D/\sqrt{h} \qquad (6.106)$$

sau se poate alege în funcţie de diametrul exterior, folosind valorile din tabelul 6.39

Tabelul 6.39

Valori recomandate pentru numărul de dinţi, în funcţie de diametrul exterior

D [mm]	0	45-50	50-55	60-75	80-100	105-140	150-230	130-140
z	18	16	14	12	11	10	9	8

e. *Grosimea* c la baza dintelui trebuie să asigure o bună rezistenţă la baza dintelui. Se calculează cu relaţia

$$c = (0{,}8 \dots 1)H \qquad (6.107)$$

f. *Unghiul canalelor pentru evacuarea aşchiilor* ν se determină din condiţia de realizare a detalonării (vezi şi fig.6.108)

$$\nu = \varphi_g + \varphi_2 + \varphi_3 \qquad (6.108)$$

în care: φ_g este unghiul cursei inactive (de mers în gol a camei folosite la detalonare); φ_2- unghiul de siguranţă care face parte din cursa activa a camei $(\varphi_a = \varphi_1 + \varphi_2)$; φ_3 - unghiul de înclinare a spatelui dintelui.

φ_g poate lua valorile: $\delta/6$ pentru came având cursa de mers în gol de 60° (pentru profile mai puţin adânci); $\delta/4$ pentru came având cursa de mers în gol de 90° (pentru profile adânci).

$\varphi_1 = (3/4\ \dots\ 5/6)\delta - (2°\ \dots\ 4°)$; $\varphi_2 = 2°\ \dots\ 4°$; $\varphi_3 = 10°\ \dots\ 20°$.

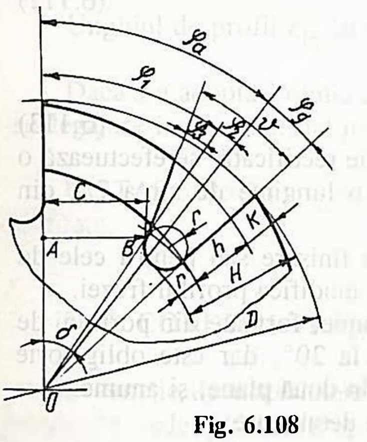


Fig. 6.108

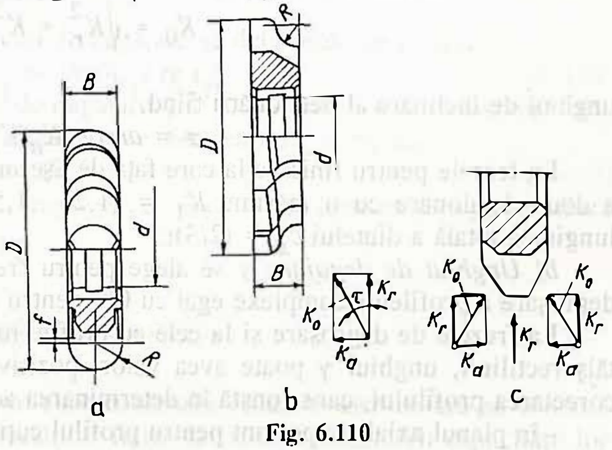


Fig. 6.110

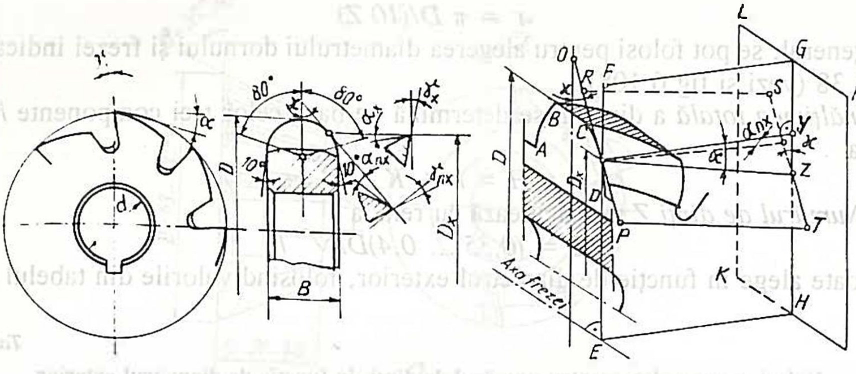


Fig. 6.109

Cu aceste elemente, grosimea c la baza dintelui se determină cu relaţia:

$$c = (D/2 - K - h) \sin \varphi_1 \qquad (6.109)$$

g. Raza la fundul canalelor de evacuare a aşchiilor se determină din condiţia de realizare a detalonării:

$$r = (D/2 - K - h) \sin (\varphi_g + \varphi_2)/2 \qquad (6.110)$$

Parametrii geometrici ai frezelor detalonate se aleg după cum urmează:

a) Unghiul de aşezare α ia valori la vârful sculei între 8° şi 20°. Pe porţiunile de tăiş înclinate sau curbilinii, unghiul de aşezare într-o secţiune normală pe tăiş variază devenind 0° pentru porţiunile de profil perpendiculare pe axa frezei (relaţia 6.111 ca în fig. 6.109).

În scopul asigurării unor unghiuri de aşezare minime de 2°... 3° se evită existenţa tăişurilor profilate perpendiculare pe axa frezei (fig.6.110,*a*) înlocuindu-le cu profile rectilinii înclinate la 10°, asigurându-se prin aceasta un unghi de aşezare mimim de circa 3°. Dacă înlocuirea nu este posibilă se prevăd degajări frontale (fig. 6.110,*d*) sau se efectuează detalonarea oblică (fig. 6.110,*c*).

Mărimea detalonării oblice se calculează cu relaţia (vezi şi fig. 6.110,*a*)

$$K_0 = \sqrt{K_r^2 + K_a^2} \qquad (6.112)$$

unghiul de înclinare al detalonării fiind:

$$\tau = arctg\,(K_a/K_r) \qquad (6.113)$$

La frezele pentru finisare la care faţa de aşezare trebuie rectificată, se efectuează o a doua detalonare cu o mărime $K_1 = (1{,}25...1{,}5)K$ pe o lungime de circa 2/3 din lungimea totală a dintelui $c_x = (2/3)c$.

b) Unghiul de degajare γ se alege pentru frezele de finisare sau pentru cele de degroşare a profilelor complexe egal cu 0°, pentru a nu se modifica profilul frezei.

La frezele de degroşare şi la cele cu profile foarte simple, formate din porţiuni de tăiş rectilinii, unghiul γ poate avea valori pozitive până la 20°, dar este obligatorie corectarea profilului, care constă în determinarea acestuia în două plane, şi anume:

- în planul axial, important pentru profilul cuţitului de detalonare;
- în planul feţei de degajare, important pentru control (fig. 6.111).

Înălţimea frezei în planul axial se calculează cu relaţia:

$$h_f = h_p - (KZ/360°)[\arcsin(R \sin\gamma)/(R-h_p) - \gamma] \qquad (6.114)$$

în care: h_p este înălţimea profilului piesei în planul axial al acesteia; K - mărimea de detalonare, calculată cu relaţia

$$K = (\pi D/Z)\ tg\ \alpha \qquad (6.115)$$

$R = D/2$ este raza frezei; γ- unghiul de degajare la vârf; Z- numărul de dinţi ai frezei.

Unghiul de profil în plan axial ε_f se determină cu relaţia:

$$tg\ \varepsilon_f = (h_p/h_f)\ tg\ \varepsilon_p \qquad (6.116)$$

în care ε_p este unghiul de profil al piesei în planul axial al acesteia.

Înălţimea profilului în planul feţei de degajare se determină cu relaţia:

$$h_{f\gamma} = (D \sin\varphi)/[2\sin(\varphi+\gamma)] \qquad (6.117)$$

în care:

$$\varphi = \arcsin(R \sin\gamma)/(R-h_p) - \gamma$$

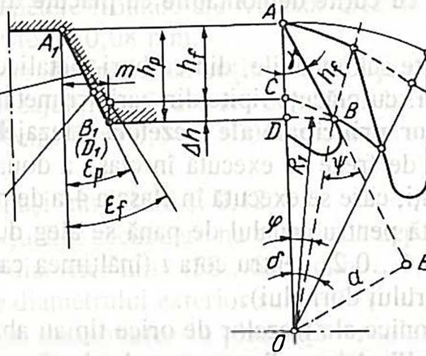


Fig. 6.111

Unghiul de profil $\varepsilon_{f\gamma}$ în planul feţei de degajare se determină cu relaţia

$$tg\ \varepsilon_{f\gamma} = (h_p/h_{f\gamma})\ tg\ \varepsilon_p \qquad (6.118)$$

Dacă s-a adoptat soluţia cu unghi de degajare $\gamma > 0$, se verifică valoarea unghiului de degajare în plan normal pe tăiş la diferite raze ale frezei R_x cu relaţia

$$\sin\gamma_{nx} = (R/R_x)\ \sin\gamma\ \sin\varkappa \qquad (6.119)$$

În STAS 3545-80 şi 3546-80 se prezintă soluţii şi elemente constructive pentru freze profilate.

6.10. CONDIŢII TEHNICE PENTRU FREZE

În funcţie de materialele din care sunt construite, sculele aşchietoare se tratează termic, în vederea îmbunătăţirii proprietăţilor fizico-mecanice şi ridicării capacităţii lor de aşchiere.

Tratamentele termice aplicate frezelor din oţeluri de scule sau aliate trebuie să

asigure durităţi de minimum 60 HRC (deobicei 62-64 HRC). Se recomandă aplicarea de tratamente termo-chimice după tratamentul de îmbunătăţire care pot ridica duritatea până la 70 HRC.

În general, frezele din oţel rapid cu coadă se construiesc cu coadă cilindrică sau conică sudată, din oţel de construcţie.

Frezele cu dinţi demontabili cu diametre sub 250 mm (cilindrice, cilindro-frontale) se execută cu corpul din *40C10* sau *35CN15*, sau din *OLC45*.

Frezele frontale de diametre mari se execută din *OLC45* şi mai rar din *40C10* sau *40MC11*.

Corpul frezelor cu dinţi asamblaţi şi coada frezelor, în cazul în care aceasta este sudată se tratează termic separat, până la obţinerea durităţii de 30...40 HRC.

Condiţiile tehnice generale de calitate sunt prezentate în STAS, după cum urmează:
- pentru freze cu alezaj din oţel rapid STAS 6663-84;
- pentru freze cu dinţi demontabili din oţel rapid STAS 6664-84;
- pentru pânze de fierăstrău circular, cu segmenţi, pentru metale STAS 6734/1-83
- pentru freze cu coadă din oţel rapid STAS 7605-82;
- pentru freze frontale cu cuţite demontabile cu plăcuţe din carburi metalice STAS 8967-71;
- pentru freze cu plăcuţe schimbabile, din carburi metalice STAS 9211/1-88;
- pentru freze cu coadă, cu plăcuţe lipite din carburi metalice STAS 9212/1-84.

Toleranţele elementelor principale ale frezelor. Alezajele de fixare cilindrice sau conice pentru toate tipurile de freze se execută în clasa a doua de precizie, în afară de frezele fierăstrău cu segmenţi, care se execută în clasa a 4-a de precizie, abaterile luându-se după *H7*. Abaterile limită pentru canalul de pană se aleg după *C11* pentru lăţimea *b* a canalului de pană şi (+ 0,1...0,2) pentru cota *t* (înălţimea canalului de pană măsurată de la partea opusă a diametrului dornului).

Cozile cilindrice sau conice ale frezelor de orice tip au abateri limită după *h8*.

Toleranţele frezelor cilindrice, disc cu unul, două sau trei tăişuri frontale. Abaterile diametrului exterior se iau după *js16*. Diferenţa diametrelor exterioare, în diferite secţiuni ale frezei, de-a lungul frezei nu trebuie să depăşească valorile:
- pentru freze cilindrice cu lăţimi < 50 mm ... 0,02 mm;
- pentru freze cilindrice cu lăţimi > 50 mm ... 0,03 mm;
- pentru freze frontale cu lăţimi < 30 mm ... 0,03 mm;
- pentru freze frontale cu lăţimi > 30 mm ... 0,05 mm;
- pentru freze disc cu trei tăişuri şi freze disc pentru canelat ... 0,03 mm.

Bătaia frontală a tăişurilor la dinţii frontali are valorile maxime:
- pentru freze cu D < 70 mm ... 0,03 mm;
- pentru freze cu D > 70 mm ... 0,04 mm

Bătaia radială a dinţilor are valorile maxime:
- pentru freze cu D < 75 mm ... 0,05 mm;
- pentru freze cu D > 75 mm ... 0,06 mm;

Bătaia frontală a capetelor de rezemare nu trebuie să depăşească 0,02 mm.

Pentru frezele disc cu 2 şi trei tăişuri cu dinţi demontabili, abaterile pentru diametrul exterior sunt: A_i= -1 mm; A_s= +2 mm; iar pentru lăţime A_i=0,1 mm şi A_s=0,3 mm.

Bătaia radială a tăişurilor principale, faţă de axa alezajului de fixare este cuprinsă pentru 2 dinţi vecini în intervalul (0,04...0,07) mm şi pentru întreaga freză în intervalul

(0,08...0,15) mm, valorile mai mari din cele două intervale luându-se pentru diametrele mai mari.

Bătaia frontală a tăişurilor este cuprinsă, în funcţie de diametrul exterior în intervalul (0,04...0,06) mm.

Abaterile limită pentru lăţimea frezelor se iau în general după *js16*. Pentru frezele disc cu 3 tăişuri, abaterea în lăţime se ia +0,1 mm, iar la frezele disc pentru canelat, abaterea la lăţime este de (+0,04...+0,05) mm.

Toleranţele frezelor cilindro-frontale cu coadă. Bătaia radială a tăişurilor dinţilor faţă de axa cozii de fixare nu trebuie să depăşească 0,03 mm între doi dinţi vecini şi 0,06 mm între doi dinţi opuşi.

Bătaia frontală a tăişurilor are valorile maxime în intervalul (0,02...0,04), fiind crescătoare cu diametrul frezei. Conicitatea părţii active cilindrice a frezei are valoarea maximă admisă de 0,02 mm pe toată lungimea de lucru a tăişurilor, în ambele sensuri.

Toleranţele frezelor conice . Abaterile unghiurilor de profil sunt de ∓ 20'.

Abaterea de la paralelism a feţelor frontale este de maximum 0,03 mm pentru o lungime a frezei de 100 mm.

Bătaia dinţilor la capetele frontale ale frezelor este de maxim 0,05 mm, iar bătaia radială la vârful frezei este de 0,08 mm.

Toleranţele capetelor de frezat cu cuţite şi plăcuţe demontabile. Bătaia tăişurilor principale faţă de axa alezajului de fixare are următoarele valori maxime:

- pentru doi dinţi vecini între 0,04 şi 0,01 crescătoare de la diametrele mici la cele mari;
- pentru doi dinţi opuşi între 0,08 şi 0,12.

Bătaia frontală a tăişurilor secundare nu trebuie să depăşească limitele (0,05...0,01) mm, crescătoare pentru diametre între (50...600) mm.

Abaterile limită ale diametrului exterior sunt +2 şi -1 mm.

Toleranţele frezelor detalonate. În plus faţă de toleranţele frezelor cilindrice cu alezaj se precizează că jocul radial al dinţilor pe profil are valori maxime de 0,06 mm.

Abaterile în lăţime pentru frezele convexe se iau +0,2 mm, iar pentru frezele concave între (0,5...0,7) mm.

Abaterile admise pentru parametrii geometrici ai frezelor sunt prezentate în tabelul 6.40.

Indicaţii privind rugozitatea suprafeţelor frezelor [13,23].

Rugozităţile suprafeţelor de aşezare pentru frezele din oţel rapid vor avea valori maxime R_a= 0,8 μm. Pe faţete rugozitatea maximă recomandată este R_a= 0,4 μm.

Plăcuţele din carburi metalice demontabile vor fi lepuite în vederea obţinerii unor rugozităţi maxime R_a= 0,2 μm. Netezirea plăcuţelor din carburi metalice lipite este de asemenea obligatorie, impunându-se valori R_a= 0,2 μm.

Suprafeţele de fixare-bazare vor avea rugozitatea maximă R_a= 1,6 μm, dar valoarea acceptată este de R_a= 0,8 μm.

Suprafeţele neactive ale canalelor pentru evacuarea aşchiilor pot avea R_a= 3,2 μm.

Pentru gulerele de centrare ale frezelor se admite R_a=0,8 μm.

Tabelul 6.40

Toleranţele unghiurilor sculelor aşchietoare

Denumirea unghiurilor	Simbol	Mărimea unghiurilor	Abateri limită (toleranţe)
Unghiul de aşezare (principal şi secundar)	α, α_1	$\alpha, \alpha_1 \leq 8°$ $\alpha, \alpha_1 > 8°$	± 30' ± 1°
Unghiul de degajare	γ	$\gamma \leq 12°$ $\gamma > 12°$	± 1° ± 2°
Unghiul de atac (principal)	$\varkappa$	30°;45°; 60° şi 90°	± 2°
Unghiul de netezire (de atac secundar)	$\varkappa_1$	$\varkappa_1 < 5°$ $\varkappa_1 > 5°$	± 30' ± 1°
Unghiul la vârf	ε	$\varepsilon < 100°$ $\varepsilon > 100°$	± 2° ± 3°
Unghiul de înclinare al tăişului	λ	4 ... 10°	± 1°

Observatie: în cazul cuţitului-roată de mortezat dinţi, toleranţa la unghiurile α şi γ nu depăşeste 10'.

6.11. BREVIARE DE PROIECTARE ŞI EXEMPLU DE CALCUL

6.11.1. Breviar de calcule pentru proiectarea frezelor cu dinţi frezaţi

Tema de proiectare trebuie să cuprindă următoarele elemente:

- tipul suprafeţei de prelucrat (plană, canale, suprafeţe unghiulare etc.) şi dimensiunile acesteia;
- materialul din care este confecţionată piesa de prelucrat;
- dacă scula se proiectează în vederea utilizării pe o anumită maşină-unealtă, se vor preciza dimensiunile elementelor de fixare pe maşina-unealtă (diametrul dornului, mărimea conurilor de fixare etc.), precum şi regimurile de aşchiere pe care le permite maşina.

Pentru proiectare se recomandă parcurgerea următorului traseu, pentru rezolvarea căruia sunt date indicaţii şi recomandări amănunţite în paragrafele 6.1. ... 6.8.

a) Se predimensionează diametrul exterior al frezei conform indicaţiilor generale din paragraful 6.3.1. şi conform indicaţiilor specifice pentru tipul de freză proiectat (paragrafele 6.4....6.8.).

Odată cu această etapă se predimensionează şi elementele de fixare (diametrele şi forma alezajelor, a conurilor de fixare etc.), conform indicaţiilor cuprinse în aceleaşi paragrafe sau conform [12,13,23,30].

b) Se alege geometria constructivă, utilizându-se tabelele 6.1....6.5.

c) Se calculează sau se alege numărul de dinţi, cu ajutorul indicaţiilor generale din paragraful 6.3.2. sau utilizând paragrafele 6.4....6.8.

d) Se verifică numărul de dinţi aflaţi simultan în aşchiere cu relaţia

e) Se alege sau se calculează lăţimea *B* a frezei cu relaţia 6.35.

$$Z_{fsim} = \frac{Z_f}{\pi} \sqrt{\frac{t}{D}} \geq 2$$

f) Se alege forma dinţilor şi se calculează toate elementele geometrice şi constructive ale acestora, urmând indicaţiile din paragraful 6.2.

În cazul frezelor cu plăcuţe fixate mecanic în corp se fac calculele de proiectare necesare (paragrafele 6.4, 6.5, 6.7.3).

g) Se aleg şi se definitivează elementele constructive secundare (goluri pentru uşurarea frezei, lărgiri interioare ale alezajului pentru micşorarea lungimii de rectificat, gulere de centrare, teşituri, praguri etc.).

h) Se stabileşte materialul frezei.

i) Se stabileşte regimul de aşchiere şi se calculează forţele de aşchiere şi momentele, precum şi puterea necesară pentru antrenarea frezei.

j) Se fac verificările de rezistenţă complete ale frezei.

Finalizarea proiectării se materializează în efectuarea desenului de execuţie al frezei, care trebuie să cuprindă numărul de vederi şi de secţiuni necesare pentru completa definire a construcţiei acesteia. Desenele vor fi cotate complet şi tolerate şi vor avea trecute indicaţii privind rugozitatea suprafeţelor, condiţii tehnice, tratament termic, marcare. Prezentul breviar propune un traseu general, dar având în vedere larga varietate de tipuri de freze, vor apărea diferenţe de la un tip la altul, provocate de specificul fiecăreia. Breviarul general şi variantele sale pot sta la baza întocmirii programelor de calcul necesare proiectării asistate de calculator a frezelor de diferite tipuri.

6.11.2. Breviar de calcule pentru proiectarea frezelor cu dinţi detalonaţi

Tema de proiectare trebuie să cuprindă în mod obligatoriu următoarele elemente:

- cotele de profil ale piesei în secţiune axială a acesteia (inclusiv indicaţii privind toleranţele profilului şi rugozitatea necesară a suprafeţei);
- materialul din care este confecţionată piesa;
- în cazul în care profilul este interior (dispus pe o suprafaţă de revoluţie interioară) este necesar să se precizeze diametrul interior de la care se începe prelucrarea;
- dacă scula se proiectează în vederea utilizării pe o anumită maşină-unealtă, se vor preciza dimensiunile elementelor de fixare pe maşina-unealtă (diametrul dornului, mărimea conurilor de fixare etc.), precum şi regimurile de aşchiere pe care le permite maşina-unealtă.

Pentru proiectare se recomandă parcurgerea următorului traseu, pentru rezolvarea căruia în prima parte a capitolului 6 (paragrafele 6.1 şi 6.9) sunt date toate indicaţiile şi recomandările necesare:

a) Se predimensionează diametrul exterior al frezei; pentru aceasta se alege diametrul alezajului frezei (se poate utiliza relaţia (6.102)); mai corect este să se înceapă prin alegerea parametrilor regimului de aşchiere s, t, t_e, v, cu ajutorul cărora se calculează forţele şi momentele de aşchiere, făcându-se apoi predimensionarea diametrului dornului din condiţii de rezistenţă. Valoarea obţinută din calculul de predimensionare se rotunjeşte în plus până la valoarea normalizată cea mai apropiată. Se alege raza de racordare la

fundul dintelui frezei r între 0,5...1,5 mm, sau se utilizează relaţia (6.104). Se dimensionează corpul frezei m (m = (0,4...0,5)d).

Cu înălţimea h a profilului cunoscută se calculează:

$$D' >= d + 2m + 2r + 2h,$$

sau cu relaţia:

$$D' > (1,6...2)d + 2h + (1...3) \text{ mm}$$

rotunjindu-se în plus la o valoare întreagă.

Pentru predimensionare se poate folosi şi relaţia:

$$D' = (2,5...3)d$$

b) Se alege geometria constructivă α_v şi γ_v.

c) Se calculează sau se alege numărul de dinţi Z_f ai frezei (relaţia (6.106)).

d) Se predimensionează mărimea detalonarii K' cu relaţia

$$K' = \frac{\pi D'}{Z_f} tg\alpha_v$$

alegându-se o valoare K corespunzătoare posibilităţilor de execuţie ale strungului de detalonat, şi respectiv K_l corespunzătoare posibilităţilor maşinii de detalonat prin rectificare (dacă freza este dublu detalonată).

e) Se recalculează diametrul D

$D = D' + 2K$ pentru freze simplu detalonate, sau

$D = D' + 2(K + K')/2$ pentru freze dublu detalonate.

Valoarea lui D obţinută din calcul se rotunjeşte în plus la o valoare întreagă.

În marea majoritate a cazurilor, diametrul exterior D poate fi ales după soluţii existente, făcându-se în final doar o verificare a valorii lui. Pentru profilele interioare se verifică şi condiţia ca freza să poată intra în alezajul executat în prealabil.

f) Se recalculează unghiul de aşezare la vârf α_v:

$$tg\alpha_v = \frac{KZ_f}{\pi D}.$$

În continuare se verifică dacă unghiul de aşezare lateral nu rezultă mai mic de 2...3° (relaţia (6.111)); caz în care se reia calculul prin modificarea corespunzătoare a mărimii detalonării K, a unghiului α_v sau a diametrului exterior D.

Dacă freza proiectată are porţiuni de tăiş perpendiculare pe axa ei se vor lua măsurile indicate în paragraful 6.9 sau se va face detalonarea oblică (relaţiile 6.112 şi 6.113)

g) Se verifică numărul de dinţi aflaţi simultan în aşchiere cu relaţia

$$Z_{fsim} = \frac{Z_f}{\pi}\sqrt{\frac{t}{D}} \geq 2$$

h) În cazul în care freza proiectată are unghiul $\gamma_v = 0°$, profilul axial al acesteia va fi identic cu profilul axial al piesei. Dacă unghiul de degajare γ_v se alege mai mare ca 0°, este obligatorie corectarea profilului, care se face cu relaţiile (6.114, 6.116, 6.117, 6.118).

i) Se calculează înălţimea dintelui frezei H cu relaţia

$$H = h + K + r_1$$

j) Se alege unghiul de profil ν al golului dinţilor frezei.

k) Se calculează grosimea B a frezei.

l) Se alege materialul frezei.

m) Se stabileşte regimul de aşchiere şi se calculează forţele de aşchiere, momentele şi puterile necesare.

n) Se fac verificările de rezistenţă complete ale frezei.

Proiectarea este finalizată prin efectuarea desenului de execuţie al frezei, în care trebuie să apară toate elementele dimensionale geometrice, constructive şi tehnologice necesare realizării sculei aşchietoare. Desenul de execuţie trebuie să cuprindă: desenul frezei cu toate detaliile (secţiuni şi vederi) cotate complet şi tolerate; detalii privind profilul tehnologic şi de măsurare, la scară mărită (dacă se poate la o scară corespunzătoare măririi proiectorului de profile din dotare); mărimea detalonării (detalonărilor); condiţii tehnice de execuţie şi aspect, în care sa se includă şi tratamentul termic; rugozităţi, marcare etc.

Acest breviar poate sta la baza stabilirii programului necesar proiectării asistate de calculator a frezelor profilate cu dinţi detalonaţi.

6.11.3 Breviar de calcule pentru proiectarea capetelor de frezat cu cuţite demontabile şi plăcuţe din carburi metalice demontabile

Pentru proiectarea unui cap de frezat cu cuţite demontabile, prin tema de proiectare se dau lăţimea de frezare t_1, adâncimea de aşchiere B, materialul de prelucrat, precum şi condiţiile tehnice impuse suprafeţei prelucrate (toleranţe, rugozitate). În cazul în care proiectarea se face pentru utilizarea capului de frezat pe o anumită maşină-unealtă, se dau în plus dimensiunile elementelor de pe fiecare maşină-unealtă, precum şi regimurile de aşchiere pe care le poate realiza maşina-unealtă.

În vederea proiectării se recomandă parcurgerea următorului traseu:

a) se determină diametrul exterior în funcţie de lăţimea suprafeţei de frezat B; cu relaţia (6.61);

b) se determină numărul de dinţi cu relaţia (6.32) sau cu ajutorul indicaţiilor de la paragraful 6.6.1 (în cazul capetelor de frezat cu plăcuţe demontabile);

c) se alege geometria constructivă a capului de frezat în stare montată, urmând indicaţiile din tabelele 6.1...6.5;

d) pentru capetele de frezat cu cuţite se aleg unghiurile de poziţionare a cuţitelor în corp σ, ε, τ, conform indicaţiilor cuprinse în paragraful 6.6.1. Pentru capetele de frezat cu plăcuţe din carburi metalice se aleg plăcuţe din STAS, şi se încadrează într-un sistem de referinţă, determinându-se geometria lor constructivă proprie, la fel ca la cuţitele de strung;

e) se efectuează calculul geometriei cuţitelor în stare demontată (faţă de sistemul de referinţă propriu) utilizând indicaţiile cuprinse în paragraful 6.6.1. Pentru capetele de frezat cu plăcuţe demontabile se calculează unghiurile de poziţionare a plăcuţelor în corpul frezei;

f) se determină dimensiunile constructive ale părţii de fixare a capului de frezat (alezaj conic, coadă conică, şuruburi de fixare etc.). Pentru aceasta se aleg din STAS

dimensiunile necesare (sau se utilizează indicaţiile din cartea tehnică a maşinii de frezat pe care se va utiliza scula proiectată);

g) se determină celelalte elemente constructive ale capului de frezat. De obicei elementele şi soluţiile constructive pot fi alese după soluţii constructive existente (în STAS, în literatura de specialitate sau în exemplele de soluţii constructive prezentate în capitolul 6 al prezentei lucrări);

h) se dimensionează corpul cuţitelor, sau al penelor şi suporţilor plăcuţelor;

i) se alege materialul plăcuţelor şi al corpului capului de frezat;

j) se stabileşte regimul de aşchiere şi se calculează forţele şi momentele de aşchiere, precum şi puterea necesară la aşchiere;

k) se fac verificările de rezistenţă complete ale elementelor capului de frezat.

Proiectarea este finalizată prin efectuarea desenului de ansamblu al capului de frezat în care trebuie să apară cotele de gabarit şi de legătură, precum şi condiţii tehnice de montaj şi exploatare. Tot pe desenul de ansamblu se va detalia obligatoriu geometria constructivă a capului de frezat în stare montată, cu unghiurile σ, τ, ε şi cu unghiurile în toate planele secante. Se întocmesc de asemenea desene de execuţie pentru toate părţile constitutive ale capului de frezat, pe care trebuie să apară toate elementele dimensionale, geometrice, constructive şi tehnologice, precum şi toleranţe, rugozităţi,condiţii tehnice de execuţie, inclusiv tratamentul termic şi marcarea.

6.11.4. Exemplu de proiectare a unui cap de frezat cu cuţite demontabile armate cu plăcuţe din carburi metalice lipite

Se cere prin temă proiectarea unui cap de frezat utilizabil la prelucrarea unei suprafeţe plane cu lăţimea B = 220 mm. Materialul piesei de prelucrat este Fc 200.

Se alege soluţia constructivă de cap de frezat cu cuţite demontabile armate cu plăcuţe din carburi metalice lipite. Se alege pentru cuţite forma prismatică a corpului, datorită simplităţii şi rigidităţii fixării în corpul frezei.

1. Diametrul exterior al capului se determină cu relaţia (6.61)

$D = (1,1) \cdot 220 = 242$ mm

Se alege valoarea finală pentru D = 250 mm.

2. Numărul de cuţite se calculează cu relaţia (6.32), obţinându-se

Z = 20 cuţite demontabile.

3. Pentru materialul prelucrat se aleg plăcuţe din carburi metalice din grupa de utilizare K20 (STAS 6373/1-75) forma B, mărimea 20.

4. Din tabelele 6.1...6.5 se aleg unghiurile constructive ale capului de frezat (identice cu unghiurile pasive)

$$\bar{\alpha}_N = 8°; \quad \bar{\chi} = 45°; \quad \bar{\gamma}_N = 10°;$$

$$\bar{\alpha}_{1N} = 8°; \quad \bar{\chi}_1 = 15°; \quad \bar{\lambda} = 0°.$$

Faţa de degajare se consideră plană şi unică.

5. Se calculează unghiurile $\bar{\chi}_g$, $\bar{\chi}_{1g}$, $\bar{\lambda}_g$:

$$\overline{\chi}_g = \overline{\chi} + 90° = 135° \ ;$$

$$\overline{\chi}_{1g} = 90° - \overline{\chi}_1 = 75° \ ;$$

$$\overline{\lambda}_g = \overline{\lambda} = 0° \ .$$

6. Unghiurile de degajare în planele secante principale *x-x* şi *y-y* sunt: (rel. 6.65)

$$\overline{\gamma}_x = 7° \ ; \quad \overline{\gamma}_y = -7° \ .$$

7. Se calculează unghiurile $\overline{\lambda}_{1g}$ şi $\overline{\gamma}_{1N}$ cu relaţiile (6.63), obţinându-se:

$$\overline{\lambda}_{1g} = 8{,}63° \ ; \quad \overline{\gamma}_{1N} = 10°$$

Cu ultima din relaţiile (6.62) se calculează unghiul de înclinare al tăişului $\overline{\lambda}_1 = -8{,}63°$.

8. Se aleg unghiurile de poziţionare a cuţitelor demontabile în corpul frezei conform recomandărilor de la sfârşitul paragrafului 6.6.1:

$$\sigma = 8° \ ; \quad \varepsilon = 5° \ ; \quad \tau = 0°$$

Cu ajutorul lor se calculează cosinusurile directoare care definesc poziţia sistemului de referinţă al cuţitului faţă de sistemul de referinţă al capului de frezat.

$$a_x = -0{,}012 \quad b_x = 0{,}996 \quad c_x = -0{,}086$$
$$a_y = -0{,}990 \quad b_y = 0 \quad c_y = 0{,}139$$
$$a_z = 0{,}138 \quad b_z = 0{,}087 \quad c_z = 0{,}896$$

9. Cu relaţiile (6.70) şi (6.71) se calculează unghiurile de aşezare în plane secante principale, rezultând:

$$\overline{\alpha}_x = 14° \ ; \quad \overline{\alpha}_y = -14° \ ; \quad \overline{\alpha}_{1x} = 8{,}32° \ ; \quad \overline{\alpha}_{1y} = 26{,}7° .$$

10. Unghiurile de degajare şi de aşezare constructive în planele secante principale ale cuţitului se calculează cu relaţiile (6.69), (6.72) şi (6.73):

$$\gamma_x = -13{,}5° \quad \alpha_x = -0{,}08° \quad \alpha_{1x} = -3{,}63°$$
$$\gamma_y = 16{,}78° \quad \alpha_y = 0{,}08° \quad \alpha_{1y} = 1{,}04°$$

11. Unghiurile de atac şi de înclinare a tăişurilor constructive ale cuţitului se determină cu relaţiile (6.76) şi (6.77)

$\chi_g = 45° = \chi$

$\chi_{1g} = -16°$, rezultând $\chi_1 = 16°$

$\lambda_g = 21° = \lambda$

$\lambda_{1g} = 8{,}4°$, rezultând $\lambda_1 = -8{,}4°$

12. Unghiurile constructive în secţiune normală pe muchia aparentă, care se trec pe desenul de execuţie se calculează cu relaţiile (6.77):

$$\alpha_N = 0°$$
$$\alpha_{1N} = 0{,}2°$$
$$\gamma_N = 2{,}5°$$
$$\gamma_{1N} = 19{,}5°$$

13. Se stabilesc parametrii regimului de aşchiere alegându-se avansul pe rotaţie $s_r = 2$ mm/rot (necesar obţinerii unei rugozităţi $R_a = 6{,}3$ μm) căruia îi corespunde un avans pe dinte $s_d = 0{,}1$ mm/dinte. Adâncimea de aşchiere t este egală cu lăţimea suprafeţei de prelucrat B, iar lăţimea de frezare considerată în calcul este de 5 mm.

Corespunzător acestor parametrii rezultă:

$$v_{as} = 47\ m/min; \quad F_z = 430\ daN; \quad F_N = 192\ daN;$$
$$F_V = 390\ daN; \quad F_y = 215\ daN; \quad P = 15\ kW.$$

14. Se definitivează elementele constructive ale capului de frezat (diametre, dimensiuni de prindere, secţiunea locaşelor pentru prinderea cuţitelor, dimensiunile penelor şi şuruburilor de fixare a penelor etc.), utilizându-se recomandările din paragraful 6.6.3, precum şi soluţiile constructive prezentate în figurile 6.60 şi 6.61.

BIBLIOGRAFIE

1. *Badea, V.* **Prelucrarea de precizie a filetelor.** Editura Tehnica, 1965.
2. *Belous, V.* **Proiectarea sculelor.** Litografia Institutului Politehnic Iaşi, 1971.
3. *Belous, V.* **Sinteza sculelor aschietoare.** Iaşi, Editura Junimea, 1980.
4. *Cartis, I. Gh.* **Tratamentul termic.** Timişoara, Editura Facla, 1982.
5. *Cetverikov, S. S.* **Metallorejuscie instrumenti.** Mockva, 1965.
6. *Dimitrov, B., ş.a.* **Ridicarea productivităţii muncii şi creşterea eficienţei economice prin utilizarea tehnologiilor cu superabrazivi sintetici.** INID, 1984.
7. *Domşa, S., Miron, Z.* **Îndrumător pentru utilizarea fontelor, oţelurilor şi aliajelor neferoase.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1985.
8. *Duca, Z.* **Gaurirea.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1962.
9. *Duca, Z.* **Teoria sculelor aşchietoare.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1967.
10. *Elekes, C.* **Scule pentru melci şi roţi melcate.** Bucureşti, Editura Litera, 1985.
11. *Elekes, C.* **Scule pentru găurirea alezajelor lungi.** Craiova, Editura Scrisul Românesc, 1985.
12. *Enache, Şt., Belous, V.* **Proiectarea sculelor aşchietoare.** Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1983.
13. *Enache, Şt., Minciu, C.* **Proiectarea asistată a sculelor aşchietoare.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1983.
14. *Enache, Şt., ş.a.* **Tehnologia sculelor aşchietoare (vol. I, II).** Bucureşti, Editura Tehnică, 1987, 1988.
15. *Enache, Şt., ş.a.* **Metode şi programe pentru proiectarea asistată a sculelor aşchietoare.** Litografia Institutului Politehnice Bucureşti, 1988.
16. *Gavrilaş, I., ş.a.* **Tehnologii de prelucrare cu scule din materiale dure şi extradure.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1977.
17. *Gladcov, P.* **Contribuţii privind studiul capacităţii de aşchiere a cuţitelor cu plăcuţe din carburi metalice româneşti la strunjirea fontelor.** (Teza de doctorat), Institutul Politehnic Bucureşti, 1978.
18. *Gladcov, P.* **Cuţit de strung.** Brevet de invenţie nr. 59275, CNST, OSIM, 1975.
19. *Goranski, G. K.* **Elementî teorii avtomatizaţii maşinostroitelnovo proiectinovania s pomoşci vîcislitelnoi tehniki.** Minsk, 1970.
20. *Kieffer, R., ş.a.* **Hartmetalle.** Springer-Verlag, Wien-New York, 1965.
21. *Lang, T., ş.a.* **Rezna keramika.** INPRO, Praha, 1987.
22. *Lasnev, S. I.* **Rasciot i construirovanie metalorejuscie instrumentov s primeneniem EVM.** Mockva, 1975.
23. *Lăzărescu, I.* **Calculul şi construcţia sculelor aşhietoare.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1962.
24. *Micloşi, V., Popescu, V., Stere, N.* **Îndrumător pentru alegerea oţelurilor.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1966.
25. *Minciu, C., Matache, V.* **Proiectarea şi tehnologia sculelor pentru mecanică fină.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1981.
26. *Minciu, C.* **Proiecterea şi tehnologia sculelor pentru danturare.** Bucureşti, Editura tehnică, 1986.
27. *Minciu, C.* **Proiectarea asistată de calculator a sculelor aşchietoare.** în Cercetarea şi proiectarea asistată de calculator. Bucureşti, Editura Academiei, 1987.
28. *Minciu, C.* **Broşarea.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1989.
29. *Sauer, L.* **Scule pentru filetare.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1962.
30. *Sauer, L.* **Scule pentru frezare.** Bucureşti, Editura Tehnică, 1978.
31. *Secară, Gh.* **Proiectarea sculelor aşchietoare.** Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1979.

SCULE AŞCHIETOARE
Îndrumar de proiectare
VOLUMUL 2

Cuprins

7. SCULE PENTRU FILETARE
7.1. Cuţite de filetat
7.2. Tarozi
7.3. Filiere
7.4. Freze de filetat
8. SCULE PENTRU DANTURAREA ROŢILOR CILINDRICE
8.1. Freza modul-disc
8.2. Freza modul-deget
8.3. Capul de mortezat cu cuţite profilate
8.4. Cuţitul-pieptene
8.5. Freza-melc-modul
8.6. Cuţitul-roată
8.7. Şeverul
8.8. Scule pentru danturarea roţilor-melcate
9. SCULE PENTRU DANTURAREA ROŢILOR CONICE
9.1. Scule pentru danturarea roţilor conice cu dinţi rectilinii
9.2. Scule pentru danturarea roţilor conice cu dinţi curbilinii
10. SCULE PENTRU DANTURAREA PRIN RULARE A PROFILELOR NEEVOLVENTICE
10.1. Determinarea profilului funcţional
10.2. Stabilirea cercului de bază
10.3. Elemente constructive. Breviar de calcule pentru proiectare
11. SCULE ABRAZIVE
11.1. Clasificare, caracteristici generale ale sculelor abrazive
11.2. Materiale abrazive
11.3. Lianţi pentru scule abrazive
11.4. Duritatea corpurilor abrazive
11.5. Structura corpurilor abrazive
11.6. Capacitatea abrazivă
11.7. Forma şi dimensiunile sculelor abrazive
12. SCULE CU DIAMANT ŞI NITRURĂ CUBICĂ DE BOR
12.1. Proiectarea sculelor cu monocristal de diamant sau A.C.B.
12.2. Proiectarea sculelor cu partea activă din policristal de diamant sau A.C.B.
12.3. Proiectarea sculelor abrazive cu diamant sau azotură cubică de bor
12.4. Proiectarea sculelor pentru îndreptarea, corectarea şi profilarea discurilor din materiale abrazive clasice
13. SCULE COMBINATE
13.1. Clasificarea sculelor combinate
13.2. Etapele proiectării sculelor combinate
13.3. Soluţii constructive de scule combinate
BIBLIOGRAFIE